http://www.icn.unal.edu.co/ Caldasia 35(2):429-464. 2013

GEOMORFOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES CUATERNARIAS EN LA REGIÓN DEL TRAPECIO AMAZÓNICO COLOMBIANO

Geomorphology and stratigraphy of the Quaternary formations in the Colombian Amazon rain forest region

Alexis Jaramillo Justinico
Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá D.C. Colombia. alexjustinico@gmail.com, aljaramilloju@unal.edu.co

Luis Norberto Parra Sánchez
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. – Geociencias – Medellín, Colombia. lnparra@gmail.com

J. Orlando Rangel-Ch.
Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá D.C. Colombia. jorangelc@unal.edu.co, jorangelc@gmail.com

RESUMEN

En la región del trapecio amazónico de Colombia, las secuencias sedimentarias recientes (neo formación) dependen en su forma y en su estabilidad del ciclo anual de inundación del río Amazonas. Entre los materiales sedimentarios no afectados por el ciclo actual del río se reconoce a la terraza de Leticia-Tabatinga, de edad estimada entre 8000 y 10000 años A.P., aunque es posible que su modelado se generara en el tardiglaciar (14.000 años AP.). Sus sedimentos están recubiertos por la Formación Iça y es la más alta de las unidades geológicas que aún conservan su morfología plana original. Otros materiales sedimentados se han acumulado como depósitos de canal asociado a drenajes sobre la terraza, con una edad aproximada de alrededor de 8.600 años A.P. Los lagos asociados con cananguchales (palmares dominados por *Mauritia flexuosa*) se reconocen sobre la terraza de Leticia y se encuentran en las áreas donde se observa erosión diferencial, fenómeno que es relativamente reciente de hace aproximadamente 530 años A.P. Entre las unidades geológicas vinculadas con las zonas inundadas por el ciclo anual del río Amazonas, figuran los sistemas lacustres de Zapatero y Yahuarcaca cuya formación se estima entre 240 años A.P. y 150 años A.P., se hallan cercadas por la terraza aluvial La Milagrosa de edad estimada en 131 años A.P., que es cubierta por el agua en épocas de niveles altos de lluvias. También se reconocen geoformas (neoformación) de sistemas aluviales meándricos, como barras de arena, canales, canales de drenaje que conectan un río con otro, o un río a un lago o dos trazos de un río. Las geoformas y los materiales de neoformación son jóvenes y tienen demasiada evolución debido al modelado permanente del paisaje que está directamente relacionada con alteraciones procedentes de la intervención humana (cambio climático) que influyen directamente en las dinámicas fluviales en el territorio.

Palabras claves. Geología del Cuaternario, lagos amazónicos, terrazas, Cuaternario, Amazonas colombiano.

ABSTRACT

The shape and stability of Recent sedimentary sequences (neoformation) in the Amazon basin depend on the Amazon river's annual flood cycle. The Leticia-Tabatinga Terrace is one of the sedimentary sequences not affected by the current annual flood cycle. Its age has been estimated between 8000 and 10000 years AP., although its modeling was likely generated in the tardyglacial, about 14000 years A.P. The Leticia-Tabatinga Terrace is covered by the formation Iça and is the highest of the geological units that retain the original flat morphology. Other sedimentary materials have been accumulated as channel deposits, which are associated with drains and have been dated nearly 8,600 years A.P. Lakes associated with canangucha palms (*Mauritia flexuosa*) are also found in the terrace, particularly in areas with differential erosion, a relatively recent phenomenon (about 530 years A.P). Among recognizable geologic units associated with areas affected by the river's annual flood cycle are the systems of swamps and lagoons of Yahuarcaca and Zapatero. This formation is estimated to be between 240 and 150 years A.P. and is bordered by La Milagrosa, which is submerged during high precipitation levels. Also recognized as product of neoformation are a number of landforms of alluvial systems, such as sand bars, channels, drain channels connecting rivers or rivers to lakes. The landforms and materials of neoformation are young and highly dynamic due to constant landscape modeling caused by the river's flood annual cycle, which is influenced by climatic change.

Key words. Geomorphology, Amazon, Quaternary Stratigraphy, Terraces.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Amazonas drena 6`200.000 km^2 y descarga el 18% del flujo total de agua dulce que llega al océano Atlántico, con 200.000 m^3/s y una carga sedimentaria que oscila entre 1 y 2 billones de toneladas por año hasta 614 megatonelada/año en Obidos (Oriendo *et al.* 1994, Meade 1994, Latrubesse 2008, 2012, Filizola & Guyot 2009). Esta información es esencial para explicar las dinámicas actuales del río Amazonas y las geoformas que resultan de los procesos de denudación de la extensa cuenca.

Sobre el origen y la evolución de los sistemas de drenajes de la cuenca del río Amazonas y su relación con la formación Solimões, se han planteado numerosas teorías que buscan un acercamiento de causalidad entre las formaciones superficiales y las dinámicas fluviales, al menos en los eventos del Cuaternario. Jaramillo *et al.* (2011) mencionaron que la formación Solimoẽs sobre la cual discurre el río Amazonas en el territorio colombiano, presenta un patrón colinado y en ella se han generado ambientes fluviales superficiales, que hacia el Mio-Plioceno originaron ciénagas (lagos) de gran extensión tipo pantanales y ambientes terrestres coetáneos que indicarían un clima con una estación seca prolongada. Los resultados de Shephard *et al.* (2010) consolidan este planteamiento, muy coherente con la generación de un "mega humedal" en los territorios de la zona Norte de la Amazonia desde el Mioceno medio hasta el tardío cuando el drenaje fluvial dominante cambió a su actual curso hacia el Atlántico gracias al levantamiento de los Andes. Estos procesos se asocian con el desplazamiento de las zonas de subducción, con la convección del manto y con el movimiento de las placas. El modelo de hundimiento plantea tasas de hasta 40m/Myr, que originó un mega-humedal en la Amazonía. En este sentido, se reconoce un movimiento del continente así como de las losas de subducción hacia el Oeste. Estas acciones se combinaron con el continuo hundimiento de las cuencas sedimentarias amazónicas del Este a razón de 10-20m/Myr. La inclinación progresiva resultante hacia el Este facilita pensar que la convección del manto pudo afectar seriamente la evolución de los sistemas de drenaje continentales.

Gross *et al*. (2011), con base en el análisis de la parte Sur de la formación Solimoẽs (Mioceno Tardío) plantearon la existencia de un vasto humedal bajo influencia de los ríos y restringieron los ambientes lacustres a las llanuras de inundación local y a los lagos de agua dulce. Latrubesse *et al* (2000; 2010) sobre la base del contenido paleontológico, palinológico y análisis de facies de riberas de los ríos, asignó a los niveles superiores de la Formación Solimões en el oeste de la Amazonia, Brasil, una edad Mioceno tardío, además presentaron resultados que demuestran que los depósitos en la Amazonía peruana son ambientes del Mioceno vinculados a sedimentos fluviales y no marinos como se había planteado por otros autores. Toda la secuencia del Mioceno se depositó en un ambiente continental dentro de una cuenca interior, en un ambiente de deposición dominado por ríos que se asocian con los sistemas "megafans", que generaron grandes áreas de inundación (pantanos, lagos, deltas internos). Los suelos desarrollados sobre las planicies, se generaron bajo condiciones secas con paisajes dominados por pastizales y bosques de galería en un clima tropical a subtropical, similar a lo observado en los registros geológicos obtenidos para los territorios colombianos (Latrubesse *et al.,* 2010). Gracias a una serie de yacimientos paleontológicos descubiertos en la Amazonia colombiana se ha podido asignar con precisión una edad Mioceno tardío-Plioceno (Muñoz *et al.,* en preparación) en el caso colombiano.

El análisis de un sistema fluvial como el río Amazonas, es demasiado complejo, tanto así que numerosos métodos utilizados actualmente para discriminar patrones de canal no son útiles cuando se aplican a ríos muy grandes. Los megaríos generan drenajes sinuosos, meándricos o patrones típicos trenzados, aunque también pueden desarrollar patrones anastomosados (Gonzales 2004, Latrubesse 2008, Latrubesse *et al.* 2010).

Es muy difícil establecer para el río Amazonas patrones o unidades morfológicas de paisajes fijos o permanentes, al menos en lo referente a las zonas de afectación directa del río, debido a que sus intensas dinámicas, continuamente modifican el paisaje. Factores que inciden en esta evolución, son la carga sedimentaria del sistema, las características de los canales y su evolución, que dan como resultado una serie de formaciones geológicas que reflejan en parte la evolución de los territorios, como ya lo habían manifestado Gonzales (2004) y Latrubesse (2008).

Las explicaciones sobre el origen de las formaciones cuaternarias y su geomorfología asociada en la Amazonía colombiana, deben ser abordadas en el contexto de un cratón geológicamente estable y de una región de gran tamaño, donde las geoformas regionales son muy extensas y los fenómenos locales de erosión y sedimentación igualmente tienen influencia a escala superior. Geológicamente, la Amazonía colombiana está delimitada al Norte por la saliente del Vaupés, tal como fue concebida por Vergara y Velasco (1901) como una faja de rocas antiguas recubierta por un delgado manto de sedimentos recientes y cuyo relieve actual es el remanente de un accidente mayor. Los estudios geomorfológicos en la extensa región fueron impulsados decididamente por el Proyecto Radargramétrico del Amazonas -PRORADAM- y sus publicaciones asociadas (Galvis *et al.*, 1979, Díaz 1980, Boorder 1980, Khobzi *et al.*, 1980, Botero 1980, Mejía 1980, Kroonemberg *et al.,* 1980). Entre las contribuciones recientes figuran las de IGAC (1999) e IDEAM (2010). Estos trabajos mencionan las geoformas más contrastantes como las serranías, las mesetas o "tepuyes", los domos de roca que se consideran representantes típicos de las rocas cratonicas antiguas y también las geoformas ligadas a dinámica fluvial como abanicos y planicies aluviales. Los paisajes colinados y de bajo relieve fueron delimitados como grandes paisajes por Botero *et al.,* (1996) para el proyecto ORAM.

Para los paisajes colinados de la parte Sur del trapecio amazónico, la delimitación de las unidades ha permanecido invariable desde la propuesta del Proyecto Radargramétrico del Amazonas - PRORADAM- y sólo ha variado su nominación, ya sean considerándolas como unidades de roca, grandes paisajes o morfosistemas. Así, por ejemplo a la unidad "Terciario inferior amazónico, Tia", se la denomina "Planicies disectadas del Mioceno, SD" (Botero *et al*., 1996), mientras que en el mapa del IDEAM (2010) aparece como "Plataforma del Terciario inferior con modelado plano a ondulado, dap2p". Cartografías geológicas más recientes y con mejor control de campo, (Jaramillo *et al*., 2011), han demostrado que con excepción de las planicies

fluviales, esos límites propuestos inicialmente por PRORADAM, si bien son un rasgo distintivo en las imágenes de radar, no corresponden a unidades litoestratigraficas.

Surge entonces la pregunta sobre el significado de esos límites al interior de la Formación Solimões en el trapecio amazónico. Los modelos digitales de 90 m y de 30 m de tamaño de pixel, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 2003 y ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) que cubren la casi totalidad del globo terrestre, abrieron una gran posibilidad de elaborar mapas geomorfológicos bastante precisos como lo hicieron Rossetti *et al.* (2007). Gracias a la información geológica colectada en los territorios de la Amazonia colombiana sumada al análisis geológico de las formaciones superficiales y las evidencias del cambio de clima inherente al sedimento y la cartografía digital, se pudo establecer un modelo geológico para el territorio sur de la Amazonia colombiana.

El estudio de geología regional de las formaciones del cuaternario en la Amazonía colombiana (Figura 1) hizo parte del proyecto de investigación convocatoria bicentenario de la Universidad Nacional de Colombia: Valoración integral del flujo histórico y actual de carbono en el sistema de inundación Yahuarcaca (Amazonia colombiana): su importancia en el cambio climático global.

METODOLOGÍA

Se caracterizó la geología básica del territorio amazónico colombiano en la zona de influencia de Leticia, con posterior verificación de campo y con un análisis del modelo digital de elevación (registros ASTER GDEM) que se realizó con información del Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (2012). Se obtuvo un mapa de rugosidad del territorio (Topographic Ruggedness Index – TRI, 2012) con el fin de entender las características morfológicas y evolutivas del sector de estudio.

El reconocimiento de las formaciones geológicas y la delimitación entre las unidades son el resultado de una exhaustiva verificación de campo en los territorios de Colombia y Brasil, específicamente el área comprendida entre la desembocadura del río Amacayacu, Leticia y el río Calderón en el departamento del Amazonas. Aunque se levantaron varias columnas estratigráficas, solamente se muestran las más representativas de cada unidad. Las unidades están ordenadas por tiempo relativo, de acuerdo con las relaciones de campo, como lo exige la norma internacional (International Commission on Stratigraphy, 2013).

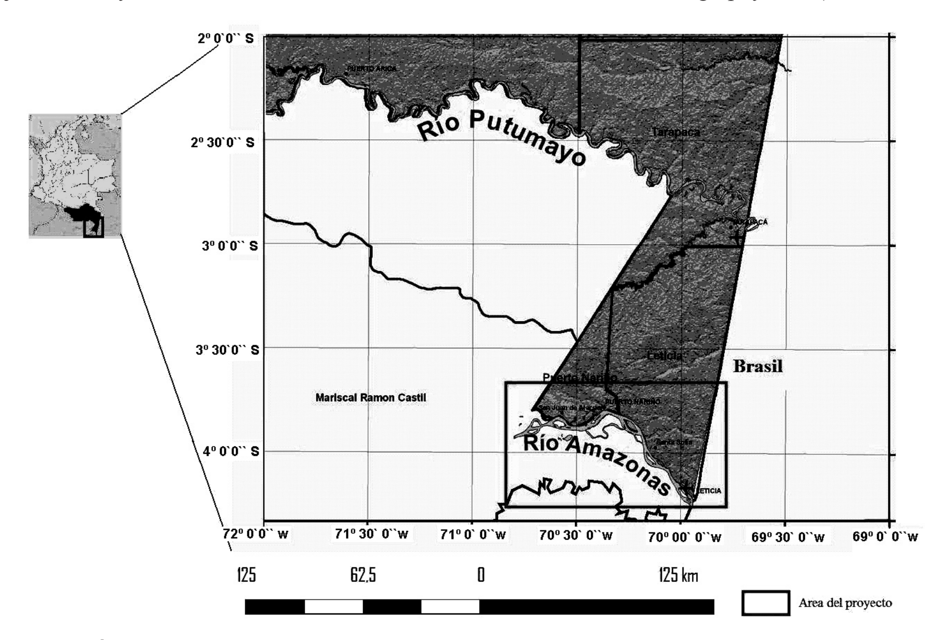


Figura 1. Área de estudio en la Amazonia colombiana.

Se emplearon los resultados de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) como capa base cartográfica gracias a su disposición internacional, por la conveniencia en su resolución y pos su disponibilidad. Las unidades geológicas diferenciadas en el campo y el análisis del territorio se pusieron como una capa sobre una base SRTM, y por lo tanto no se tratan de unidades de fotointerpretaciones ni de procesamientos digitales.

Respecto a la ubicación temporal de las formaciones, tenemos dos casos, unas unidades cuaternarias que están dentro de los límites de las unidades que se pueden fechar por C^{14} (varios niveles de terrazas) y las que no lo son, por ejemplo Isa y Jericó (fuera del límite de tiempo de vida media de C^{14}). La formación Isa claramente excede los límites de edad que se pueden estimar por este procedimiento (Rossetti *et al.,* 2007) y en este caso solamente se menciona la edad Pleistocénica. No se dispone de dataciones en las unidades Pleistocénicas o Pliocénicas (Jericó) debido a que no hay elementos que se puedan datar por otros métodos. A la Unidad Jericó, se le colocó edad Plio-Pleistocénica por su ubicación estratigráfica.

En campo se levantaron secciones estratigráficas representativas de las formaciones superficiales asociadas a los materiales terciarios (Jaramillo *et al*. 2012), terrazas aluviales y varias perforaciones de los sedimentos de fondo de los sistemas lacustres de Yahuarcaca y Milagrosa (frente a Leticia), que ha generado el río Amazonas en los territorios colombianos, también se obtuvieron muestras de los sedimentos de fondo de los sistemas lagunares del territorio y se analizaron los procesos de colmatación y de aporte de materia orgánica, que sirven de base para el análisis estratigráfico del territorio (Tabla 1). Las dataciones radiocarbónicas (C^{14}) de los restos de plantas obtenidas en los materiales sedimentarios fueron realizadas por Beta Analityc (Tabla 2).

RESULTADOS

La geomorfología del trapecio Amazónico

Se establecieron cinco estados de influencia histórica del río Amazonas en el territorio colombiano que permitieron el desarrollo de diferentes unidades de paisaje. Dos grandes rasgos de escala regional dominan la geomorfología del trapecio amazónico. En primer lugar, los paisajes colinados que ocupan buena parte del área y la enorme depresión por la cual discurre el río Amazonas que corta estos terrenos. Parte de los paisajes colinados de igual altitud pueden asimilarse a remanentes de penillanuras labradas sobre los sedimentos Terciarios, mientras que los restantes son complejos de colinas de diferentes morfometrías, disección y edades. La diferencia en edad y en la génesis de estos sistemas colinados tiene serias implicaciones para el establecimiento y la persistencia de la biodiversidad a través del tiempo, ya que el asentamiento de la biota no puede ser más antiguo que el paisaje subyacente.

Las penillanuras y los frentes de erosión. El colinamiento de los terrenos Terciarios de la Formación Solimões (Figura 2) en el trapecio amazónico colombiano, ha sido reconocido como un rasgo dominante (Galvis *et al*., 1979; Díaz, 1980), pero no necesariamente significa que las colinas sean de la misma edad y tengan igual origen. Botero (1996) empleó la palabra penillanura en el contexto de las geoformas desarrolladas sobre la formación Solimões en la Amazonía colombiana, bajo el supuesto de que ese rasgo se habría formado por inversión de relieve a partir de una superficie de depositación originalmente plana. Sin embargo no presentó una delimitación cartográfica de tal penillanura. El estudio del colinado a partir de modelos de elevación SRTM, se debe hacer con la asistencia de técnicas morfométricas avanzadas (“ruggedness”, “openness”, convergencia) y cortes selectivos para lograr separar los rasgos distintivos de las penillanuras (superficies de erosión). Estos remanentes de antiguas superficies de erosión revisten gran interés.

Los restos de penillanuras se pueden considerar áreas dominadas por geoformas colinadas de escaso relieve relativo, cuyas crestas se hallan a igual altitud. Esas colinas están separadas por valles por donde discurren canales de talle reducido y su actual nivel de erosión tiene una altitud casi a igual a la de la penillanura, lo cual demuestra la limitada tasa de incisión de estos drenajes. Hay dos remanentes bien claros, la penillanura del Pureté (Pp) sobre el Solimões, la más antigua –sobresale- por encima de la cota 150 m con un notable frente de erosión en el borde externo. Otro remanente de penillanura es nominada Cabimas (Pc) (en esta

Tabla 1. Levantamientos estratigráficos realizados en el territorio.

Unidad Muestreada	Nombre De La Unidad Estratigráfica	Zona muestreada	Nombre de la secuencia	Coordenadas geográficas	Profundidad de la secuencia	Estratigrafía levantada
Terciario	Solimoes	Primavera	Santa Sofia Lomalinda	3°59’3.70”S 70° 9’24.44”O	24 m	Formación superficial
Terciario	Petroferrico Solimöes	Primavera	Santa Sofia Lomalinda	3°59’3.70”S 70° 9’24.44”O	4,2 m	Formación superficial
Terciario	Solimoes	Secuencia Zaragoza	Zaragosa	3°91’ 9988”S 69°58’35.66”O	7,5 m	Formación superficial
Terciario	Solimoes	Secuencia Los Chorros	Los Chorros	3°47’55.77”S 70°20’11.36”O	16,5 m	Formación superficial
Terciario	Solimoes	Calderón	Calderon	3.95051”S 69°83493”O	2,94 m.	Formación superficial
Terciario	Solimoes	Solimoes carbonifera en Calderón	Calderon	3.96317”S 69°81275”O	1,20 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico	Levantamiento niveles bauxiticos secuencia Jerico	Finca Jardín	4° 3’12.57”S 69°59’42.40”O	7,50 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico	Secuencia formación Jerico	Río Calderón	3.97438S 69.78603”O.	1,10 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico	Secuencia formación Jerico	Río Calderón	3 58.463 S 69 47.162 W	1,80 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico (Contacto Fm Solimoes – Fm Jerico)	Secuencia formación Jerico km 23 + 100	Río Calderón	4 18.783 S 69 55.162 O	0,5 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico (Contacto Fm Solimoes – Fm Jerico)	Secuencia formación Jerico km 23 + 101	Río Calderón	4 02.644 S 70 00.304 O	2,2 m	Formación superficial
Cuaternario	Jerico (Contacto Fm Solimoes – Fm Jerico)	Secuencia formación Jerico km 23 + 102	Río Calderón	4 02.631 S 70 00.407 S	0,4 m	Formación superficial
Cuaternario	Iça	Secuencia Iça base naval	Finca Olga Vergara	4°8’18.77”S 69°59’10.40”O	14,5 m	Formación superficial
Cuaternario	Iça	Terrazas Iça	Colegio Camilo Torres	4 09.804 S 69 57.922 O	4 m	Formación superficial
Cuaternario	Terraza	Milagrosa	Zona basal del sistema lacustre de Yahuarcaca	4°10’32.34”S 69°58’35.66”O	6,75 m	Formación superficial
Cuaternario	Terraza	Secuencia terraza orgánica Leticia	Olga Vergara	4° 8’20.04”S 69°59’9.60”O	2 m	Formación superficial
Cuaternario	Terraza de Leticia	Bocatoma La Cholita	Acueducto de Leticia colegio Bosco	4°11’22.53”S 69°57’1.48”O	5 m	Formación superficial
Cuaternario	Terraza de Leticia	Sondeo reserva Cananguchal	Km 15 ½ vía Tarapacá	4° 5’47.01”S 69°58’44.23”O	1,5 m	Perforación
Cuaternario	Sistema lacustre	Sondeo laguna 3a Yahuarcaca	Laguna de Yahuarcaca	4°11’28.03”S 69°57’20.93”O	3,5 m	Perforación
Cuaternario	Sistema lacustre	Sondeo laguna Zapatero	Laguna de Zapatero	4°10’25.69”S 69°57’48.23”O	2 m	Perforación

Tabla 2. Relación de dataciones de C^{14} realizadas en algunas muestras obtenidas de las formaciones superficiales en la Amazonia Colombiana.
A. Dataciones y B. Calibración sigma de las dataciones.

A

Datación	Muestra	Método	Material analizado	Edad medida	Relación 13c/12c	Edad convencional
1	Yahuarcaca superior 67-68 cm	AMS: Acelerador de Espectrometría de masas.	(sedimento orgánico): lavado ácido	1400 +/- 40 BP	-28.3	1350 +/- 40 BP
2	Yahuarcaca superior 107 cm	AMS	(sedimento orgánico): lavado ácido	1990 +/- 40 BP	-27.0	1960 +/- 40 BP
3	Yahuarcaca superior 191 cm	AMS	(turba): ácido/álcalis/ácido	150 +/- 40 BP	-27.0	120 +/- 40 BP
6	Yahuarcaca milagrosa 280 cm	AMS	(turba): ácido/álcalis/ácido	113.5 +/- 0.6 pMC	-29.2	114.5 +/- 0.6 pMC
7	Yahuarcaca milagrosa 370 cm	AMS	((turba): ácido/álcalis/ácido	131.0 +/- 0.5 pMC	-26.7	131.5 +/- 0.5 pMC
8	Yahuarcaca milagrosa 493 cm	AMS	(turba): ácido/álcalis/ácido	129.2 +/- 0.7 pMC	-29.1	130.4 +/- 0.7 pMC
9	Yahuaraca milagrosa 560 cm	AMS	(turba): ácido/álcalis/ácido	140 +/- 40 BP	-27.7	100 +/- 40 BP
4	Yahuarcaca zapatero 60-70 cm	AMS	(material de plantas): ácido/álcalis/ácido	101.0 +/- 0.5 pMC	-28.7	101.8 +/- 0.5 pMC
5	Yahuarcaca zapatero 120-130 cm	AMS	(material de plantas): ácido/álcalis/ácido	240 +/- 40 BP	-27.9	190 +/- 40 BP
10	Refugio cananguchal 100 cm	AMS	(madera): ácido/álcalis/ácido	530 +/- 40 BP	-29.3	460 +/- 40 BP
11	San Antonio 201 cm	Radiométrico	(madera): ácido/álcalis/ácido	8740 +/- 60 BP	-31.1	8640 +/- 60 BP
12	Terraza organica Leticia 190 cm	Radiométrico	(madera): ácido/álcalis/ácido	8800 +/- 70 BP	-27.9	8750 +/- 70 BP

B

Datación	2 Sigma Calibración
1	Cal AD 640 to 710 (Cal BP 1320 to 1240),Cal AD 750 to 760 (Cal BP 1200 to 1190)
2	Cal BC 40 to Cal AD 120 (Cal BP 1990 to 1830)
3	Cal AD 1670 to 1780 (Cal BP 280 to 160),Cal AD 1790 to 1960 (Cal BP 160 to 0)
6	El resultado obtenido indica una edad de post 0 BP y ha sido reportado como un porcentaje de lo moderno con referencia a la norma, lo que indica que el material estuvo viviendo cerca de los últimos 60 años más o menos (“PMC” = porcentaje de carbono moderno).
7	El resultado obtenido indica una edad de post 0 BP y ha sido reportado como un porcentaje de lo moderno con referencia a la norma, lo que indica que el material estuvo viviendo cerca de los últimos 60 años más o menos (“PMC” = porcentaje de carbono moderno).
8	El resultado obtenido indica una edad de post 0 BP y ha sido reportado como un porcentaje de lo moderno con referencia a la norma, lo que indica que el material estuvo viviendo cerca de los últimos 60 años más o menos (“PMC” = porcentaje de carbono moderno).
9	Cal AD 1670 to 1770 (Cal BP 280 to 180),Cal AD 1800 to 1940 (Cal BP 150 to 10),Cal AD 1950 to 1960 (Cal BP 0 to 0)
4	El resultado obtenido indica una edad de post 0 BP y ha sido reportado como un porcentaje de lo moderno con referencia a la norma, lo que indica que el material estuvo viviendo cerca de los últimos 60 años más o menos (“PMC” = porcentaje de carbono moderno).
5	Cal AD 1650 to 1700 (Cal BP 300 to 250),Cal AD 1720 to 1820 (Cal BP 230 to 130),Cal AD 1840 to 1880 (Cal BP 110 to 70),Cal AD 1920 to 1950 (Cal BP 40 to 0)
10	Cal AD 1410 to 1470 (Cal BP 540 to 480)
11	Cal BC 7760 to 7580 (Cal BP 9710 to 9530)
12	Cal BC 8180 to 8110 (Cal BP 10130 to 10060),Cal BC 8090 to 8070 (Cal BP 10040 to 10020),Cal BC 8060 to 8040 (Cal BP 10010 to 9990),Cal BC 7990 to 7600 (Cal BP 9940 to 9540)

contribución) debido a que se halla en las cabeceras de este afluente del río Amacayacu. Está limitada por dos frentes de erosión y forma un escalón colinado por debajo de la penillanura del Pureté, alrededor de la cota de 130 m. En otros sectores, se tienen remanentes más pequeños de estas penillanuras y aunque ligeramente degradadas, se reconocen en toda la zona (Figuras 3 y 4).

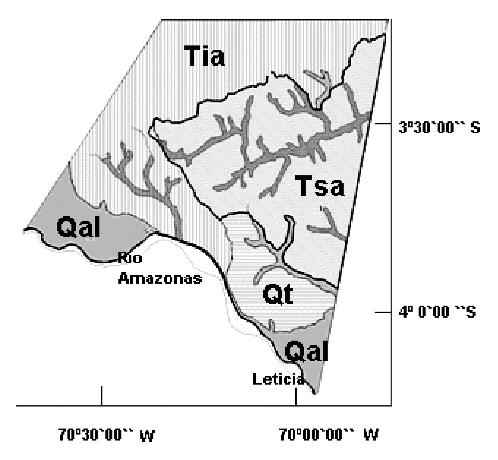


Figura 2. Paisajes colinados de la parte Sur del trapecio amazónico Tia: Terciario inferior amazónico, Tis:Terciario superior amazónico, Qal: Cuaternario Aluvial, Qt: Cuaternario de Terraza. (Galvis *et al.* 1979).

Los ciclos de formación de penillanuras en la Amazonía han sido ampliamente documentados (Girard *et al*., 2002), pero no es posible aún establecer con cuál de estos ciclos se relacionan los remanentes que se presentan en la Amazonía colombiana. Los frentes de erosión son escarpes lineales, ondulados, que delimitan paisajes colinados distintos a ambos lados y en los cuales usualmente anidan las cabeceras de los drenajes o se rompen las pendientes de los drenajes y se reconocen mejor en los mapas de rugosidad (Topographic Ruggedness Index, TRI), que enfatizan las diferencias de elevación entre celdas vecinas, tal como fue definido por Riley *et al.,* (1999). El frente de erosión más notorio que se reconoce al interior de los paisajes colinados de la Formación Solimões, delimita parcialmente los bordes externos de los remanentes de la penillanura del Pureté. El rasgo lineal fue trazado originalmente por el proyecto Radargrametrico e interpretado erróneamente como un límite litológico (figuras 3 y 4).

El borde externo de la penillanura Cabimas, es otro frente bien marcado, se ubica alrededor de la cota 120 m. Por último y cerca de los drenajes modernos aparecen colinas cortadas que marcan el frente de erosión actual. La asociación íntima que existe entre los remanentes de las penillanuras y sus frentes de erosión asociados, configuran el marco de acción de la erosión a escala regional. Sin embargo aún se requieren más esfuerzos y en especial la verificación de campo para elaborar mapas de los terrenos colinados de la Amazonía. Por supuesto, la estabilidad de largo plazo de los niveles de base de la erosión del río Amazonas juega un papel determinante en la formación de las penillanuras y escarpes regionales, pero establecer la cronología de tales eventos es aún materia de investigación (Figura 4).

Además de los tres niveles de base que generaron la parte inferior de las formaciones de Jericó (suprayace la Formación Iça) y las actuales áreas de depositación de sedimentos del río Amazonas, se deben considerar dos adicionales y más altos, ligados a los frentes de erosión y a la generación de las penillanuras Purete y Cabimas, dado que cada una de estas geoformas requiere para su formación de un periodo de estabilidad de sus niveles base de erosión. Es posible, que en un futuro se encuentren remanentes de sedimentos que correspondan en edad a estos niveles de base, tal como sucede con los tres más modernos.

Se concluye que el río Amazonas ha evolucionado en cinco etapas distintas, desde que el sistema ambiental de la Formación Solimoẽs fue abandonado.

El paleocanal del río Amazonas en el territorio colombiano. Hacia la parte central del río Amazonas (Rozo, 2012), específicamente entre las confluencias de los ríos Negro y Madeira en Brasil, hay evidencias de la evolución de los sistemas a morfologías anastomosadas en la red de drenaje (Latrubesse y Francinelli 2002; Latrubesse, 2003; Rozo 2012) conformando unidades estables de paisaje, lo cual contradice los planteamientos de evolución de paisaje y sirve para enfatizar que aún falta bastante conocimiento para entender los sistemas de los megaríos. El río Amazonas, lateralmente es muy inestable como lo muestran sus unidades de paisaje. Rozo (2012) planteó que la génesis del río anastomosado ha estado

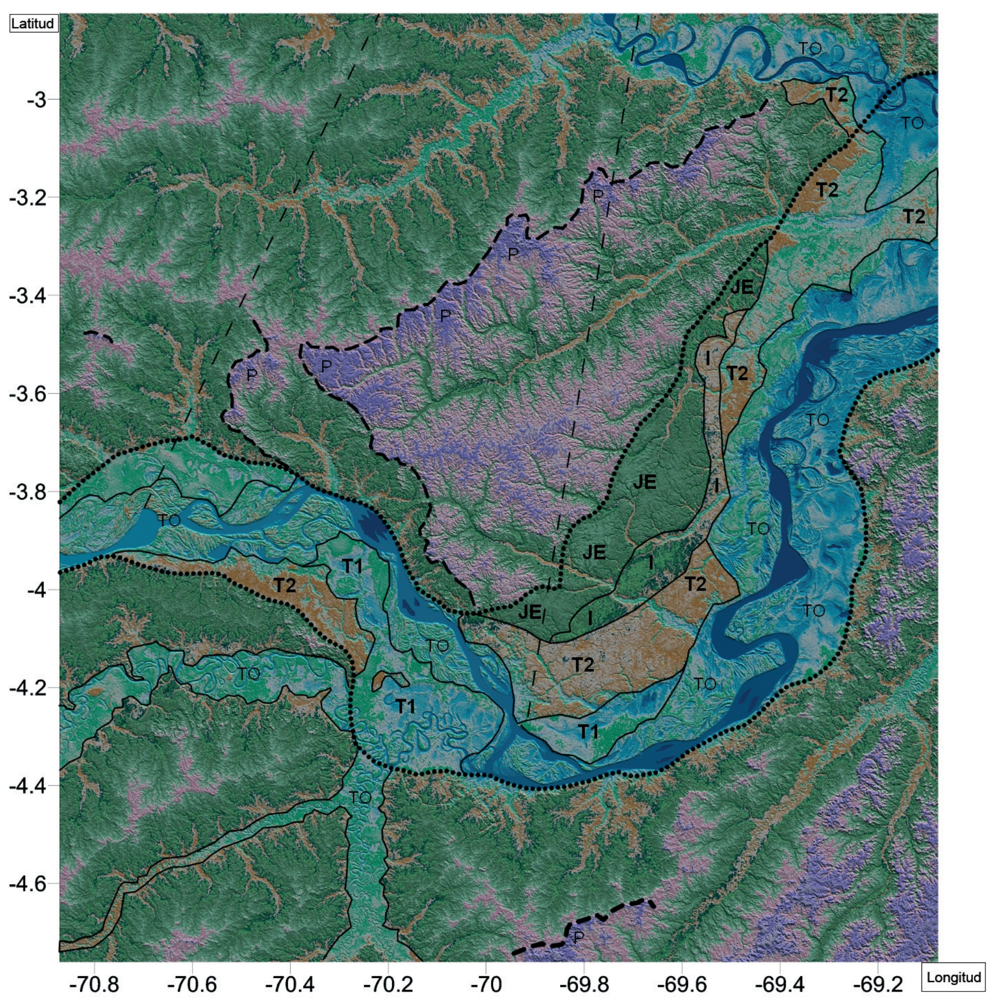


Figura 3. La geología del trapecio amazónico colombiano, Formación Solimões P; Formación Jericó JE; Formación Içа I; Niveles de terrazas T. Planicie de inundación actual diferenciándose: T0 (nivel base actual del río Amazonas), T1 (Niveles de terrazas intermedias) y T2 (terraza de Leticia - Tabatinga). Nótese en punteado el frente de erosión entre niveles de terrazas e Iça; en línea discontinuo el frente de erosión de zonas de penillanura del Solimões.

asociada con la generación de canales secundarios muy serpenteantes y el desplazamiento de barras desarrolladas en un sistema fluvial multicanal por lo menos desde 7.5+/- 0,85 ka (7500 años A.P.). Latrubesse *et al* (2002) plantearon que la tectónica afectó la inclinación de los territorios como factor condicionante en la extensión y migración del cinturón de meandros durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno en la parte alta del río Purús, suroeste de la Amazonía. En la cuenca alta del río Negro, Latrubesse & Franzinelli (1998) reconocieron sedimentos del Pleistoceno tardío – Holoceno y ubicaron una fase compleja de erosión-depositación entre los 4 y 14 Ka, cuando la terraza inferior del complejo fue depositada. Los sedimentos más antiguos de la terraza inferior, menores de 14000 años A.P., están relacionados con los cambios de clima a nivel global. Iriondo & Latrubesse (1994) estimaron una variación de hasta diez (10) veces en volumen, la descarga del río y en las oscilaciones estacionales de aproximadamente 12 m (es decir, el doble del

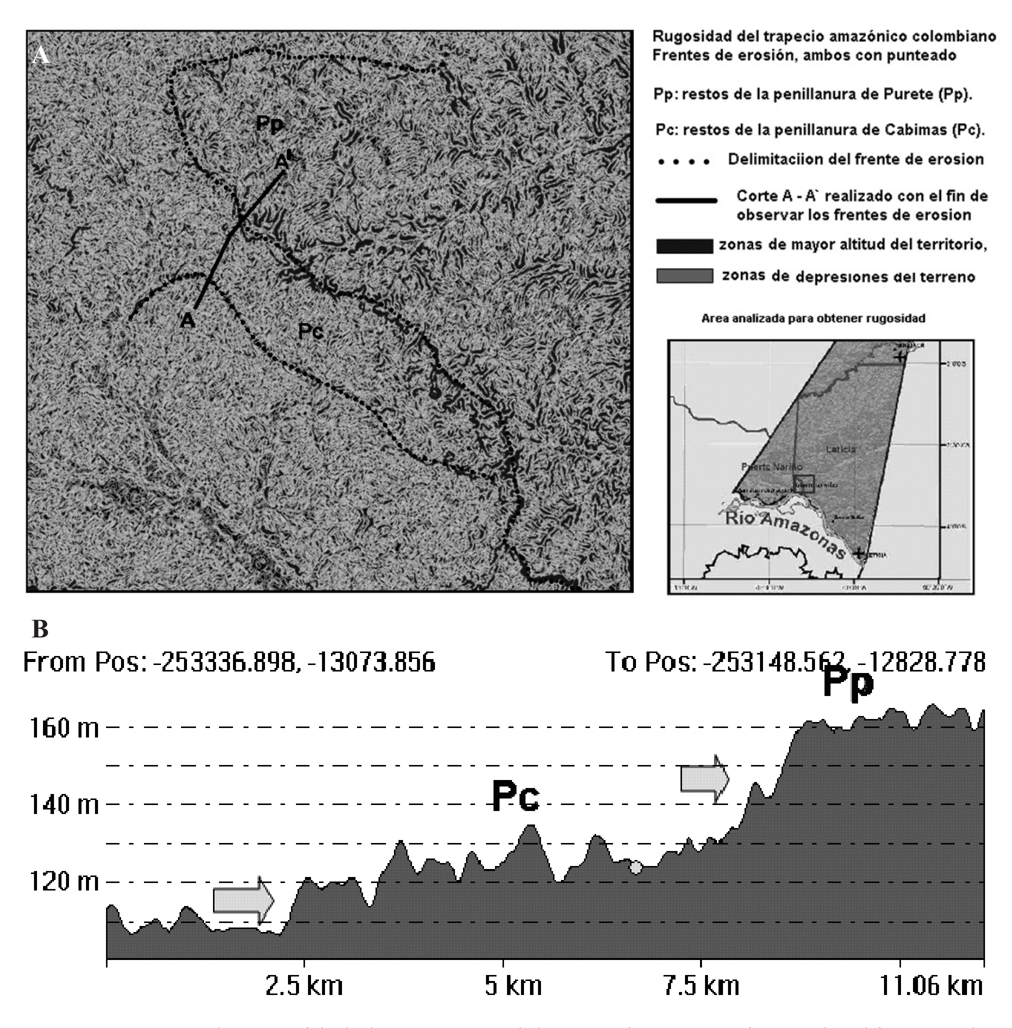


Figura 4. Mapa de rugosidad de un sector del Trapecio Amazónico Colombiano en los territorios de Loretoyacu y Amacayacu.
A. Obsérvese la existencia de dos grandes frentes de erosión; con punteado restos de la penillanura de Purete (Pp) y Cabimas (Pc). B. Perfil topográfico corresponde al corte A-A` de la figura superior, frentes de erosión (flechas en amarillo). El frente de Purete observado con un desnivel medio de 30 metros con respecto al frente de erosión Cabimas que presenta un desnivel medio de 20 metros.

valor actual). Los ríos amazónicos se caracterizan por el transporte de sedimentos y su intensa sedimentación aluvial, asociado con el cambio de clima (Latrubesse 2000, Latrubesse& Steveaux 2009)

Se ha mencionado la existencia de paleodrenajes e interconexiones en las redes de drenajes de la región amazónica en distintos momentos de su evolución (González 2004). Recientes estudios han empezado a aportar los datos concretos para verificar tales postulados (Shephard *et al.* 2010; Latrubesse 2008, Latrubesse *et al.* 2010). El paleocanal más antiguo y con bastante certeza afín al río Amazonas moderno, se reconoce como una amplia depresión ondulante que fue labrada por la erosión fluvial sobre los sedimentos de la Formación Solimões. La forma original de los bordes de esta depresión se conserva bien en varios sectores del área a nivel regional como una ruptura lineal de unos 20 m de relieve y de geometría suavemente ondulada, que separa paisajes distintos a ambos lados, pero que en

muchos tramos ha sido difuminada por la erosión moderna (Figura 5 y 6). El paleocanal alcanza los 60 km de ancho y en su interior se reconocen tres eventos de excavación separados en el tiempo. El primero eliminó unos 60 m de la Formación Solimões (profundidad medida con relación a la cota media de la penillanura más antigua del Pureté) y sobre el piso de este primer paleocanal se depositaron los estratos basales de la Formación Jericó (Figuras 5 y 6). La Formación Jericó, que se halla adosada al borde de esta depresión y descansa directamente sobre la Formación Solimões, fija la edad mínima de esta incisión en la topografía, que podría estar en la base del Cuaternario moderno (2.6 ma.) o incluso en el Plioceno. Un segundo pulso de excavación está anidado en el piso del primero y profundizó aún más la depresión eliminando un estimado de 20 m adicionales de la Formación Solimões; posteriormente permitió la depositación de los primeros estratos de la Formación Içа. El último evento es el responsable de crear el piso sobre el cual discurren los canales actuales del río Amazonas y permitió la depositación de los sedimentos de la terraza de Leticia-Tabatinga(T2) y de las llanuras actuales. A nivel de hipótesis de trabajo, los tres niveles de excavación del PaleoAmazonas, se pueden considerar los niveles base de erosión que permitieron la formación de los tres frentes de erosión detectados en los paisajes de la Amazonía y sus relictos de penillanuras (Figura 4,5 y 6).

Las llanuras cuaternarias. El funcionamiento de los grandes ríos puede ser descrito en términos de dos subsistemas interconectados. El primero corresponde a los sistemas de canales que transportan gran parte de la carga y del caudal y que son los responsables de las geoformas de orillares y canales. El segundo es la llanura de inundación, que se activa durante las crecientes y es moldeada por la carga en suspensión. Ambos sistemas suelen estar interconectados a través de un conjunto de caños durante las aguas bajas y por la lámina de desborde en las crecientes máximas. Sin embargo, dado el gran volumen de agua, de carga suspendida y de arenas de fondo que transporta el río Amazonas, su funcionamiento y sus geoformas son bastante singulares

A nivel de geoformas, los dos subsistemas combinados definen una faja ancha y alargada suavemente ondulada donde se expresa el paisaje riberino con su multitud de geoformas de diversas escalas. Adicionalmente, los sistemas fluviales expresan un balance histórico de fuerzas y procesos en la cuenca de drenaje y por lo tanto buena parte de las geoformas de los paisajes fluviales son remanentes del pasado y permiten descifrar la evolución de las cuencas y sus climas asociados. Mertes *et al.* (1996) estimaron que el río Amazonas es cinco veces más caudaloso que su competidor más próximo, transporta 1.240 millones de toneladas de sedimentos en suspensión procedentes de la erosión de los Andes y retrabaja unos 3200 millones de toneladas de la llanura de inundación (Latrubesse, 2008). Se han realizado estimativos de de los sedimento que contribuyen al Amazonas en los sistemas fluviales del orden de 100 millones de toneladas /año de materiales en suspensión derivados de los ríos Purus, Jurua y Javarì, (Filizola, 1999). En la actualidad aproximadamente 1000 millones de toneladas de sedimentos en suspensión son llevados anualmente, de los cuales aproximadamente 900 millones de toneladas provienen de los Andes (Latrubesse, 2010). La distribución de estos sedimentos se manifiesta en patrones geomorfologicos variables, con una permanente evolución y transformación a lo largo de su curso.

La planicie aluvial del río Amazonas moderno, es el conjunto de unidades geológicas que aún conservan su topografía plana. Incluyen terrazas no afectadas por el ciclo anual del río, como la terraza no inundable de Leticia y las unidades localizadas al interior de la llanura inundable actual del río Amazonas. La geomorfología resultante a lo largo de la corriente, diferencia patrones tanto aguas abajo como arriba. Río arriba, hay evidencias de erosión de sedimentos en el canal principal, depositación en las llanuras de inundación y en los canales de orden menor que el canal de descarga principal. Así mismo, los sedimentos depositados en la migración borran los canales de las llanuras de inundación de los meandros, los lagos de los canales principales y generan un intrincado desplazamiento de barras de arena que conforman los límites de cientos de lagos y caños angostos. Mertes *et al.* (1996) estimaron que las tasas de reciclamiento de los sedimentos de las llanuras aluviales al menos en el Amazonas brasileño, podía ser de 5000 años, siendo el proceso más rápido aguas arriba que aguas abajo. La existencia de obstáculos en la

cuenca (arcos y demás estructuras relictuales) han permitido que las geoformas puedan variar dependiendo del punto en la llanura aluvial donde se construyeron. Un mapa detallado de la distribución del cuaternario de un basto sector de la Amazonía colombiana (Figura 7), fue publicado por Jaramillo *et al.* (2011).

González (2004) con base en el análisis de sensores remotos en áreas comprendidas entre la Isla de Careiro y la desembocadura del río Madeira, reconoce en la planicie fluvial del Amazonas el tránsito de un patrón de canales meándricos a anastomosados, bajo un régimen climático que cambia de seco a húmedo entre 4000 y 6000 años A.P., con lo cual cambian completamente las geoformas aluviales en el territorio. Entre las geoformas que recoge, figuran las barras en acreción, barras de canal principal, áreas de inundación formadas por lagos redondeados, lagos con contornos rectilíneos y/o ramificados y las planicies encajadas. Esta descripción es similar a lo observado en la llanura de inundación en los territorios de Colombia, donde las unidades están constituidas de arenas finas y arcillas y se unifican en dos grandes unidades: la primera con las barras en acreción y los depósitos de inundación (T1) y la segunda con las barras de canal y los depósitos de inundación. González (2004) además realizó una separación preliminar de las geoformas de la llanura de inundación en dos grandes unidades, los lagos en la planicie aluvial del río Amazonas y los ¨furos¨(canales de drenaje que conectan un río con otro, o un río a un lago o tramos del mismo río, pero fuera de la llanura fluvial) y "parana", que es un canal de drenaje que liga deferentes trazos de un río en áreas de la planicie aluvial o al menos una margen ligada a la planicie aluvial (Nascimiento, 1976). González (2004) retomó y actualizó las clasificaciones de Nascimento *et al*. (1976), Mertes *et al.* (1993, 1996), Dumont (1993), Sena *et al.* (1996), Latrubesse & Franzinelli (2002), Latrubesse *et al.* (1994, 1997) y confeccionó una tabla comparativa de las geoformas del territorio. Con base en estas tablas y en los resultados de nuevas investigaciones, se efectúa el reconocimiento de las unidades geomorfológicas aluviales de la llanura aluvial de la Amazonía colombiana.

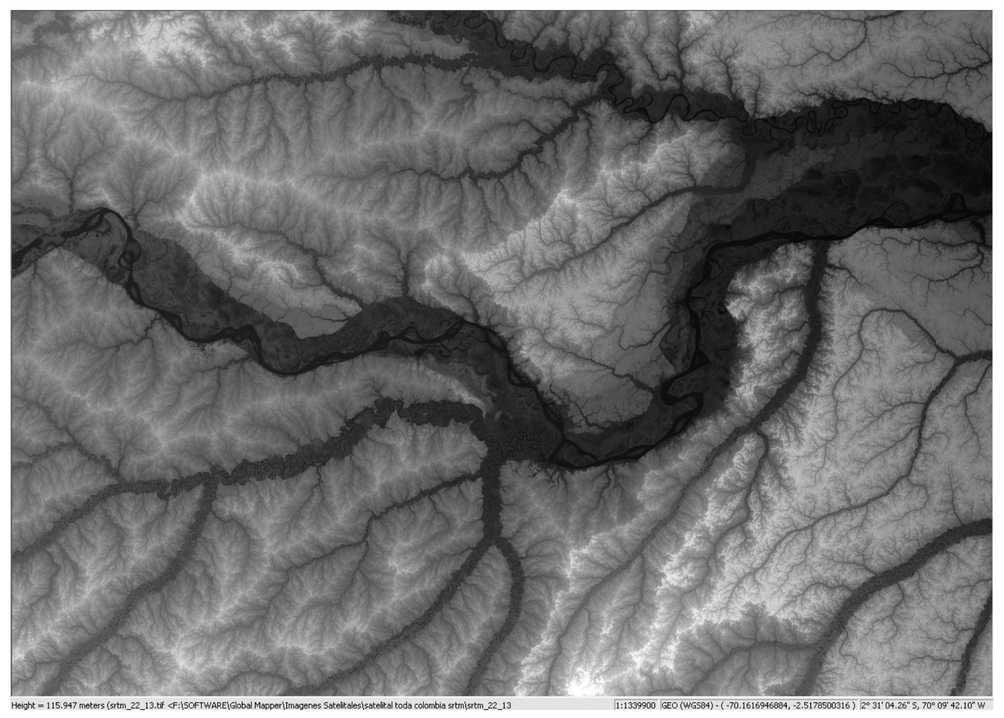


Figura 5. Imagen de red de drenajes y de rugosidad en el sector del trapecio amazónico colombiano obsérvense fuertes incisiones de la red de drenaje en los materiales del Solimoẽs, así como la llanura actual de inundación del río y afluentes.

La planicie aluvial en la Amazonía colombiana. La clasificación básica de las unidades geomorfológicas y litológicas depende de la afectación directa o no del territorio por las dinámicas del río Amazonas:

A. Terrazas no afectadas por el ciclo anual del río: Se reconocen tres unidades morfológicas del territorio, perfectamente definidas: Terraza Leticia-Tabatinga, terrazas orgánicas y lagos (pantanos) asociados con cananguchales en la terraza de Leticia y los drenajes retrabajados de la terraza de Leticia (T2).

B. Unidades de la llanura de inundación actual: Se reconocen las unidades de la planicie inundable y de los sistemas lacustres. Están muy relacionados con el esquema de clasificación propuesto por González (2004; T1 y T0).

Terrazas no afectadas por el ciclo anual del río. Unidades que en la actualidad no están afectadas directamente por el río Amazonas, ya que el nivel base del río no tiene la capacidad de cubrirlas en sus máximos pulsos de caudal, pero si la capacidad de erodarlas progresivamente desde los niveles inferiores estratigráficos. La mayoría de estas unidades morfológicas son las más antiguas en su formación con respecto a las dinámicas reconocidas en la Amazonía colombiana y en su etapa de formación están vinculadas con varios niveles de terrazas. Los estudios morfológicos realizados por Rossetti (2005, 2007) en el área de Tabatinga evidencian al menos cuatro unidades morfológicas cuaternarias y la llanura actual de inundación. Se han reconocido en el área de la Amazonía colombiana, al menos dos niveles de terrazas y un nivel de terrazas de "neoformación" que se dispone en la llanura de inundación y es afectada por las dinámicas actuales del río. La formación de los dos niveles de terrazas que no se afectan por la periodicidad de los pulsos del río Amazonas se ha estimado entre el Tardiglacial y el Holoceno temprano (aproximadamente entre 14.000 y 8.000 AP respectivamente). Estos niveles cuaternarios han sido denominados como la terraza de Leticia- Tabatinga y las terrazas orgánicas de la Amazonía colombiana.

Terraza de Leticia-Tabatinga (T2). El nivel del río Amazonas fluctúa 12 m a lo largo del año, pero la terraza de Leticia-Tabatinga sólo se inunda en contadas ocasiones, dado que la cota máxima de inundación es cercana a 71 m en la estación de Leticia. En su mayor parte es plana, pero sobresalen algunos cerros de la Formación Iça. La terraza está siendo labrada por quebradas que forman meandros sobre un piso plano estrecho de unos 20 m de ancho y están encajadas hasta unos 6 m en valles de perfil transversal, casi cuadrado. Estas quebradas han iniciado una disección en la parte periférica de la terraza y forman unas ondulaciones de techo plano, sufren el reflujo de la creciente del río Amazonas e incluyen pantanos con cananguchales (diversas formaciones y combinaciones florísticas de palmares dominados por *Mauritia flexuosa*) a lo largo de su curso. Es una superficie plana, de forma rectángular con aristas irregulares muy desgastadas por las dinámica fluviales. El paquete sedimentario presenta un eje de dirección Suroeste-Noreste (eje 60-70 grados azimutal) de dimensiones de 50 x 35 km promedio aproximadamente; se extiende desde Brasil hasta el Norte del corregimiento de Belem en la desembocadura del río Calderón en el río Amazonas. La terraza ha sido erodada casi en su totalidad en la desembocadura del río Calderón, pero prosigue su eje un poco más al Norte de este corregimiento de Brasil, en una franja muy delgada de 8 a 10 km de ancho. En Colombia, la terraza se manifiesta desde Leticia como una superficie llana que se proyecta tanto hacia el Norte como hacia al Noroeste en una franja de 20 km aproximadamente, dominada por sedimentos claros, casi blanquecinos. La terraza de Leticia es un terreno plano cuya cota crítica de inundación a la altura del casco urbano se encuentra a 71.93 m sobre el nivel del mar, por lo cual se requeriría que el río ascendiera aproximadamente 17 m en el periodo lluvioso para generar inundación en el contacto con la llanura aluvial. Por esta razón estos terrenos se inundan esporádicamente y sólo en las zonas más próximas al río Amazonas. Rossetti *et al.* (2005) demostraron que en el sistema fluvial de edad Plio-Pleistocénica, se debe reconocer el origen de la Formación Içá, ya que hacia el Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano era muy diferente la depositación de estos sistemas modernos, que al parecer eran de poca profundidad, con energías altamente migratorias y canales trenzados o anastomosados con salida en general hacia el Noreste. Estos sistemas fluviales (Terraza Leticia-Tabatinga) se formaron probablemente bajo condiciones climáticas relativamente secas con respecto a las

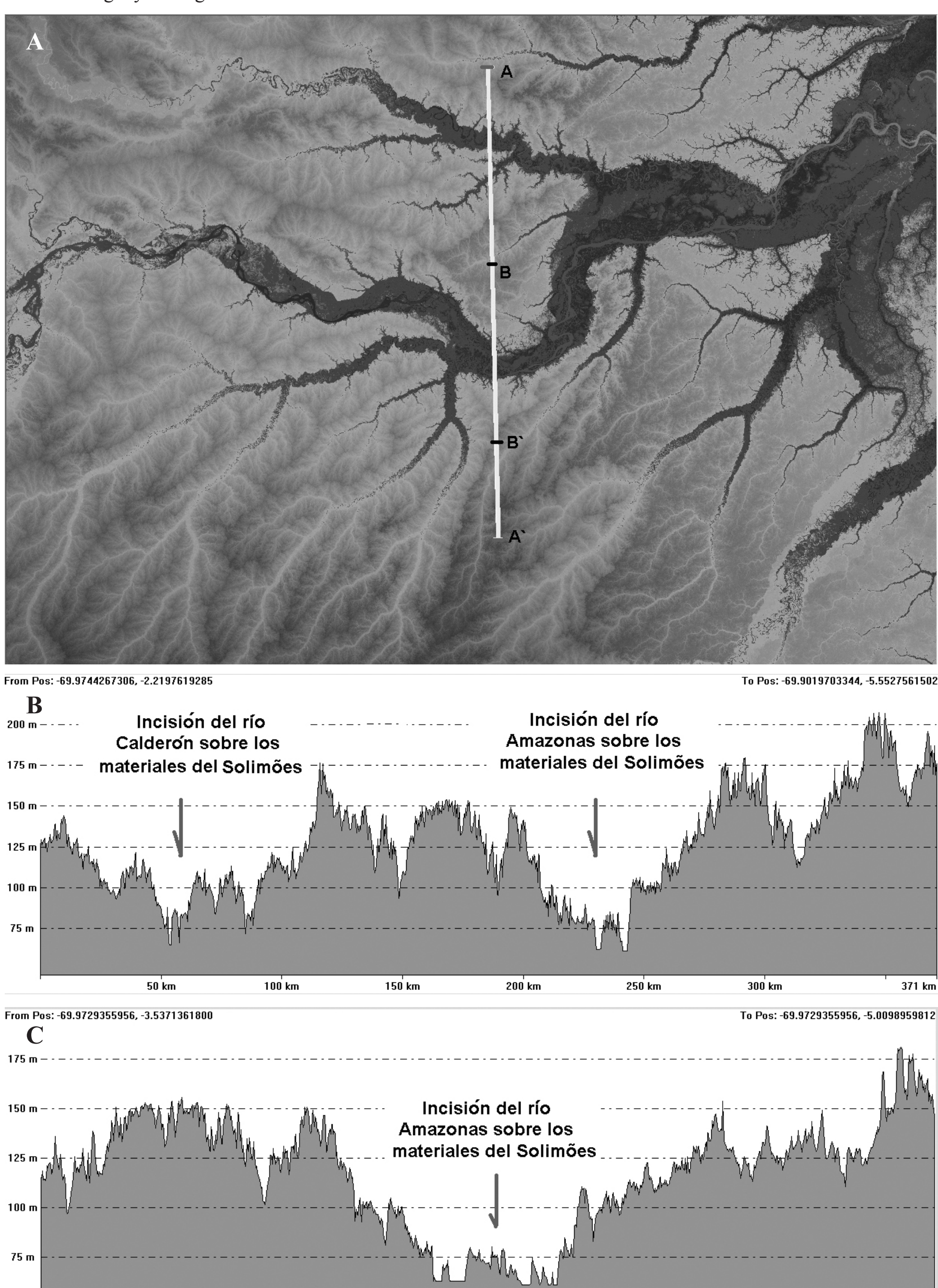


Figura 6. A. Imagen del paleocanal del río Amazonas al Sur en los territorio al frente del Leticia y del canal del río Calderón al Norte. B. Corte A-A` corte Norte-Sur mostrando las incisión de los drenajes del río Amazonas y la existencia de canal actual y existencia de paleocanales. C. corte B-B` detalle del corte en la zona de Leticia y río Amazonas.

actuales como por ejemplo durante el Pleniglacial medio. También hubo una pronunciada erosión, seguida por una renovada fase de depositación que se presentó cerca de 40.000 años A.P. evento que igualmente se sintió en otras localidades de Colombia como en la Sabana de Bogotá (González *et al.* 2002).

Estratigrafía. Debido a que la terraza de Leticia se formó como un recubrimiento de sedimentos sobre un relieve previo, ondulado a suavemente colinado y cuyas cimas más altas aun emergen sobre la planicie, en los cortes de las quebradas con marcada incisión en la terraza, se pueden observar en aparente conformidad materiales pertenecientes a ambas formaciones. Un ejemplo lo constituye el levantamiento estratigráfico que se realizó en la bocatoma de aguas la Cholita del acueducto de Leticia, al costado Sur del colegio San Juan Bosco (4°11'22.53»S y 69°57'1.48»W.), donde únicamente los 3 m superiores de todo el perfil expuesto pertenecen a la terraza de Leticia (T2), mientras que los 12m restantes, posiblemente pertenezcan a la formación Ica y entre ambas el límite es discordante y ondulado (paleotopografia). De las edades radiométricas tomadas en diferentes sitios para T2, estimamos que esta discordancia podría corresponder al límite Pleistoceno- Holoceno (10.000 – 12.000 años A.P.) (Figuras 8, 9 y 10).

La secuencia es grueso granular con dominio de arenas media, finas y presencia de niveles de arenas con fracciones limosas. Es una secuencia con varios niveles de paleotopografías enterradas que ponen de manifiesto antiguos niveles de erosión de la terraza, interpretación que se sustenta en la elevada presencia de pedotúbulos en cada nivel de los paleorelieves reconocidos en las estratigrafías discordantes.

Lamentablemente la naturaleza del material y la ausencia de materia orgánica no permitió establecer una edad más precisa para la secuencia. Es una capa sin estructuras sedimentarias reconocibles, está dominada por arena media (fracción limosa), color rosado, moteado de arena gris verdosa (moteo homogéneo en la sección),

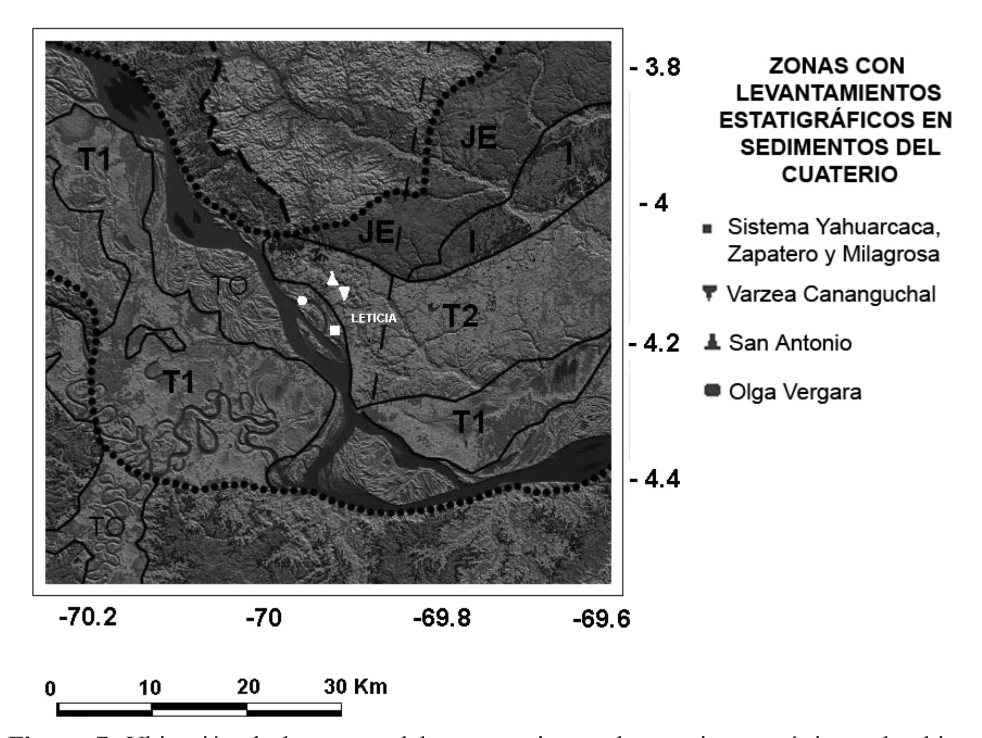


Figura 7. Ubicación de las zonas del cuaternario en el trapecio amazónico colombiano, donde se realizaron levantamientos estratigráficos.

presenta de composición Goethita, Cuarzo, Ferromagnesianos como Horblenda y Biotita). La zona está muy enriquecida por pedotúbulos, rastros de semillas fosilizadas, huellas de pequeñas colmenas fosilizadas y paleorelieves. Toda la secuencia está asociada con dinámicas fluviales de moderada energía, con un nivel base del río mayor que el actual, muy homogéneo en las condiciones de energía. Se observa que en el proceso de construcción de la terraza, hubo afectaciones periódicas por procesos erosivos que fragmentaron el paisaje y posteriormente fue nuevamente inundado el territorio, hasta llegar a los niveles actuales de la planicie, donde se encuentra el casco urbano.

Terrazas orgánicas. Sobre el río Amazonas hay una serie de terrazas aluviales localizadas entre la base naval y la hacienda de Olga Vergara, que han permitido establecer el ciclo de generación de materiales cuaternarios más recientes que los de la terraza de Leticia. Estas terrazas en su interior han permitido la acumulación de restos de materia orgánica y niveles de turba que han facilitado su datación, alrededor de 8800 a 10000 AP., aproximadamente. El levantamiento estratigráfico de 2 m se ubicó en las coordenadas 4° 8’20.04”S / 69°59’9.60”O. La secuencia está compuesta por niveles de arenas limosas medias a finas, niveles de limo y niveles puntuales de arcillas Es común encontrar niveles de materia orgánica y de turba; se reconocen al interior estructuras de laminación paralela, contactos tajantes, partículas de carbón y niveles con concentración de hierro.

<u>Estratigrafía</u>. La columna estratigráfica de las terrazas orgánicas se inicia con una base de arenas limosas de tamaño medio similares a las arenas actuales que transporta el río Amazonas. Estas arenas se observan entre 1.22 – 2.00, con laminación y materia orgánica dispuesta paralelamente a la estratificación, hay fragmentos de troncos de madera muy transformados a 1.70 m y moteo de carbón en toda la capa, especialmente concentrado hacia la parte basal (Figura 10). Sobre estas arenas aluviales se deposita un paquete de 1 cm de espesor de materia orgánica mezclada con arena. Entre 1.16 – 1.21 m hay arenas limosas con laminación y materia orgánica dispuesta paralelamente a la estratificación. Sobre estos materiales, se depositó un nivel de 6 cm de turba con numerosos restos vegetales, lo cual indica que estos sistemas se comportaron periódicamente como zonas inundables aisladas del abatimiento de la dinámica fluvial. Se permitía así la concentración de materia orgánica, acción similar a lo que sucede en las terrazas de ¨neoformación¨ en las zonas inundables actuales como en la terraza la Milagrosa (Figura 10).

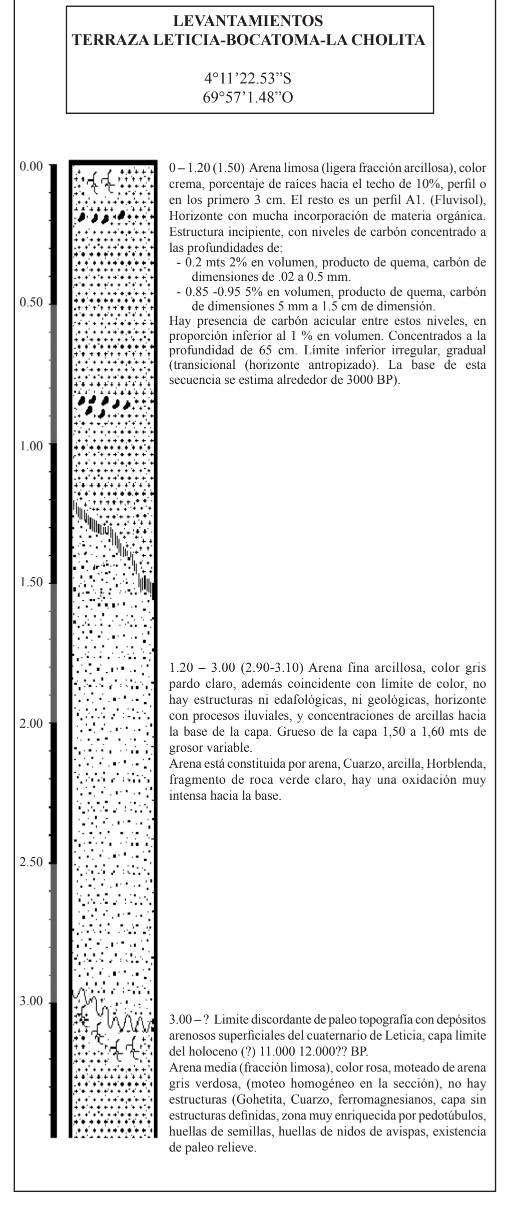


Figura 8. Terraza aluvial Terraza de Leticia, río Amazonas sector Bocatoma la Cholita, Leticia.

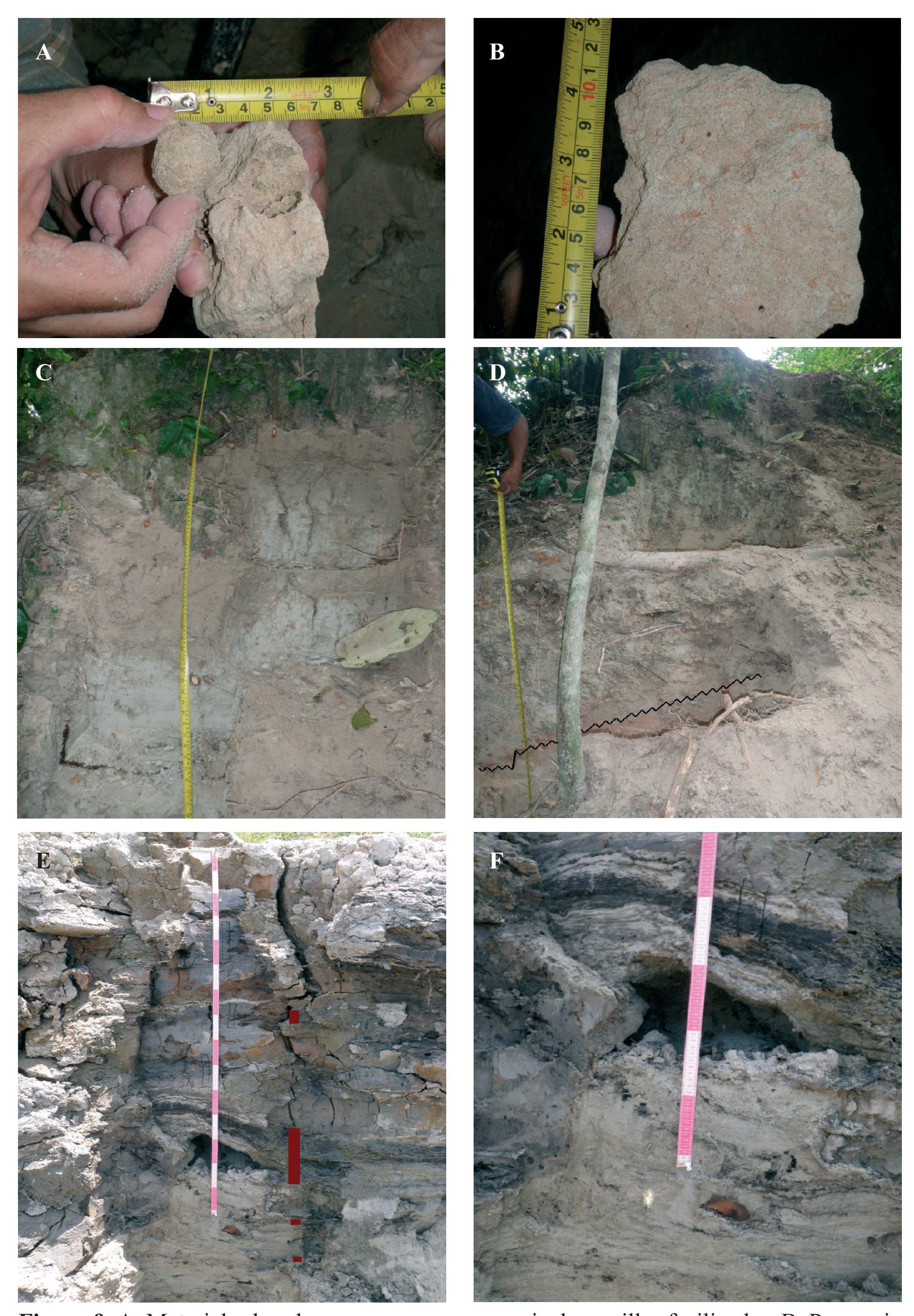


Figura 9. A. Materiales basales arenosos con presencia de semillas fosilizadas. B. Presencia de pedotúbulos y rizoturbación en los materiales basales de la terraza de Leticia. C. Arenas finas arcillosas en los materiales de la terraza de Leticia. D. Discordancia y paleopaisaje asociado con la generación de paleo relieves (línea en zig zag) con precipitación de hierro. E y F Terraza orgánica del río Amazonas 400 m al oeste de la finca de Olga Vergara (en rojo se indican los niveles con mayor concentración de materia orgánica.)

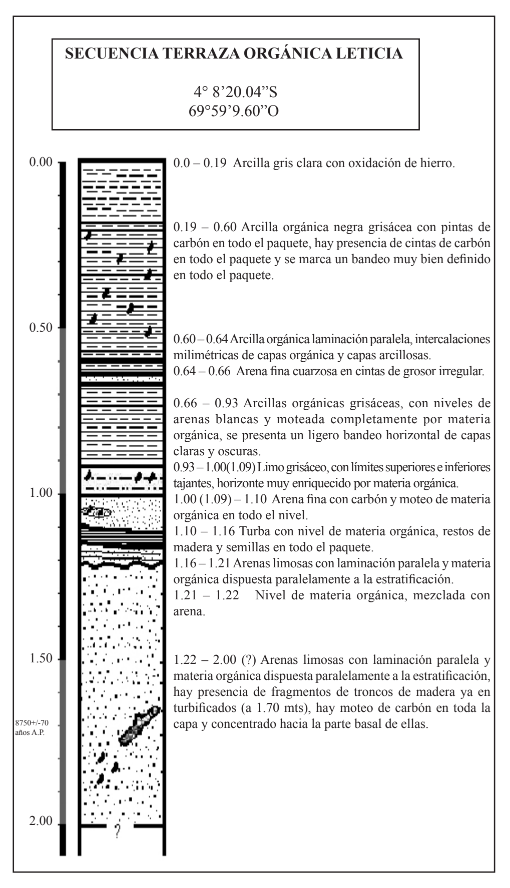


Figura 10. Terraza aluviales orgánicas río Amazonas sector Olga Vergara.

Posterior a la depositación de los materiales orgánicos aparecen nuevamente los pulsos del río con cargas de arena fina con carbón retrabajado de la Formación Solimões (1.00-1.10 mts) en el inicio de una secuencia gradada positivamente. Prosigue la secuencia con limos entre 0.93-1.00 m (a 1.09 m. debido a la irregularidad en el grosor de la capa) y termina en nivel de arcillas orgánicas entre 0.66 – 0.93 m. Estas arcillas tienen niveles de arenas blancas y están moteadas completamente por materia orgánica, hay un ligero bandeo horizontal de capas claras y oscuras. Entre 0.00 y 0.64 m hacia el techo de la terraza hay una última secuencia gradada positivamente que se inicia con arenas finas cuarzosas en cintas de grosor irregular, prosigue con arcilla orgánica con laminación paralela e intercalaciones milimétricas de capas orgánicas y arcillosas que varían de negras a grises hasta el techo.

Lagos - pantanos asociados con cananguchales en la terraza de Leticia. Hay unidades paisajísticas que se han asociado con la erosión diferencial de la terraza de Leticia. Esta erosión facilitó que se generaran depresiones con dimensiones que oscilan entre 200 a 300 m, de diámetro promedio, que lentamente se van expandiendo y facilitan que las ciénagas comiencen a establecerse en estas zonas deprimidas, donde dominan especialmente en su periferia, los cananguchales (palmares con *Mauritia flexuosa*). Los humedales se presentan en toda la terraza, de manera aleatoria, al parecer después de ser generados, se inicia un proceso de sedimentación interna, donde dominan los sedimentos arcillosos (Figura 11). Uno de los humedales mejor preservados se observa en un territorio denominado reserva Cananguchal, en las coordenadas 4° 5'47.01" S / 69°58'44.23" O (se localiza en el km 15 ½ vía Leticia a Tarapacá.), donde se recuperó una perforación de 1.50 metros.

Estratigrafía. La secuencia estratigráfica reconocida comienza con un basamento de arenas de la terraza de Leticia con un espesor de 0.17 m, donde se observan niveles de materia orgánica. Sobre estas arenas comienza una sedimentación entre 0.89-1.47 m de arcillas blancas con tonalidades verdes azules con materia orgánica y lentes de arena fina blanca, que indica un sistema de inundación permanente que genera "gleización" de los materiales. Entre 0.74-0.89 al parecer se incrementaron las corrientes de los flujos en los humedales ya que aparecen estratos finos inclinados en la estratificación. Así mismo se nota que en los sistemas se empiezan a manifestar corrientes y se marca una erosión de la terraza de Leticia en zonas alrededor de los humedales ya que comienza una intensa sedimentación de arenas en un paquete de 74 cm. Estos sistemas son relativamente jóvenes ya que no exceden los 700 años A.P. extrapolando la edad a la base de las secuencia como se pudo comprobar con la datación de C^{14} en materia orgánica en el refugio 530 +/- 40 a la profundidad de un metro, con una tasa de sedimentación media de alrededor de 0.18 cm/año (Figura 11).

Drenajes retrabajados en la terraza de Leticia. Sobre la terraza de Leticia existen drenajes que la disectan. No están asociados con un patrón en particular, pero entre las características más peculiares figura que sobre estos drenajes continuamente retrabajados y profundizados, de

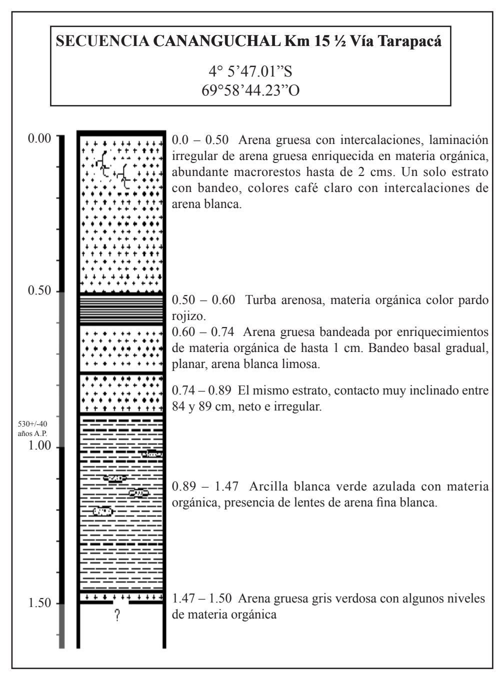


Figura 11. Estratigrafía de los humedales sobre la terraza de Leticia, refugio cananguchal.

manera alternada con los niveles arenosos se han depositado grandes acumulaciones de materia orgánica. Pueden ser de edad entre 12000 y 14000 años en la base de las secuencias, como se pudo comprobar con la datación de 8640 +/- 60 años A.P., sobre madera turbificada, realizada a 2.01 m en el sector de San Antonio (vía Tarapacá). Es común encontrar en estos ambientes, diversas fases sucesionales de los cananguchales (palmares dominados por *Muritia flexuosa*). Al parecer en épocas de mayor caudal estas zonas se inundan al no tener gran capacidad de flujo debido al efecto dique del río Amazonas y en época de máxima sequia son zonas con moderada humedad. Posiblemente su establecimiento se relacione con condiciones de mal drenaje (Anexo 1).

La llanura de inundación actual (T0 y T1) en las zonas de Leticia. La oscilación de 12 m en el nivel de aguas del río Amazonas ocasiona una expansión horizontal de la lámina de agua con su carga en suspensión cercana a 10 kilómetros y el fenómeno se refleja en una subdivisión de la llanura inundable en dos partes distintas; T0 comprende las geoformas internas de los canales (islas y barras laterales) y la llanura adyacente, donde son notorios los extensos complejos de cordones arenosos lineales y sus depresiones pantanosas o lagunas asociadas. Estos complejos tienen relieves con desniveles de 5 hasta 10 m. T1 es una llanura más antigua y madura donde los complejos de cordones (scroll bars) y depresiones tienen una expresión atenuada de las diferencias de relieve por relleno de las partes bajas y erosión de los cordones (Figura 3).

Los paisajes fluviales son remanentes del pasado y permiten descifrar la evolución de las cuencas y sus climas asociados. A primera vista es claro que la actual llanura inundable del río Amazonas presenta dos subsistemas lateralmente conectados, pero cuyas proporciones y configuraciones relativas varían a lo largo de su recorrido. Se reconocen los subsistemas de canales principales y el subsistema de las áreas de “scroll bars” caracterizada por crestas (ridges) y depresiones (swales).

<u>Subsistema de canales principales</u>: Son múltiples y están separados por islas pequeñas. Con base en la clasificación de Latrubesse & Franzinelli (2002), se diferencian en el territorio los siguientes elementos morfológicos:

- Planicie de inundación, dominada por canal (Channel-dominated floodplain). Mosaico complejo de lagos y depósitos lacustres, canales de planicie de inundación, barras en acreción lateral y depósitos de inundación (Mertes *et al.*, 1996).
- Canales. Drenajes actuales de los sistemas fluviales. Aguas con sedimentos en suspensión.
- Barras arenosas de canal (Channel sand bars). Barras de arena en medio de los canales. Son típicas en el canal principal, en muchos casos los bancos de arena se han formado en asociación con otras barras e islas que son visibles en el punto de máximo flujo.
- Planície de inundacion de barras en creciente (Scroll bar floodplain) o barras en acreción. Una planicie de inundación dominada por canales y caracterizada por la morfología de barras en acreción, principalmente generadas por migración lateral de canales secundarios como paranás.
- Diques marginales (Levees). Altura de complejos típicos de diques marginales varían

entre 1 a 10 m por encima del nivel de las aguas. Tienen intercalación de arenas y depósitos finos.
- Islas de canal (Channel islands). Formadas por depósitos de barras de arena
- Áreas de meandros abandonados (Abandoned meander belts). Son tramos de los canales del rio, generalmente curvos que son sellados y abandonados, con lo cual se generan cierres del canal central y migración del canal a un área nueva.
- Planicie de inundación confinada (Impeded floodplain). Se caracteriza por numerosos lagos con formas redondeadas o irregulares en una superficie muy plana. Esta unidad es inundada temporalmente en la época de mayor caudal. En nuestro caso particular, es la situación de los sistemas de Yahuarcaca y Zapatero que se localizan en una superficie de similar origen y geomorfología.
- Planicie dominada por depósitos antiguos de barras en acreción (older scroll-dominated plain). Terrazas bajas principalmente constituidas por limos y arcillas. La morfología de barras en crecimiento bien desarrolladas.

Subsistema de cordones fluviales (scroll) y depresiones lineales (swales): Se ubican lateralmente y se disponen de manera alternada. El sistema de canales principales está activo durante todo el ciclo fluvial, pero la llanura acordonada participa solamente del ciclo durante las aguas altas. Una particularidad adicional, es que su aislamiento genera una serie de canales que se inundan y generan lagunas en aguas bajas, mientras en aguas altas es zona de inundación. Los tributarios que entran a la planicie aluvial del río Amazonas, dependiendo de su tamaño pueden modificar sensiblemente la conformación de la llanura local. Desde los estudios de Mertes *et al.* (1999) se reconoce que los complejos de cordones forman al menos dos patrones principales, uno muy nítido y otro borroso (blurred scroll complexes). Asociados a los subsistemas de cordones y depresiones se encuentran los "sistemas lacustres de la planicie inundable" que se desarrollan entre las crestas (partes superiores) de barras de las arenas producto de la dinámica fluvial del río Amazonas en su permanente migración. Los sistemas de ciénagas son parte de la llanura de inundación, al igual que los sistemas de ciénagas de Yahuarcaca y Zapatero en Leticia. Es claro que estos sistemas debido a la accion del río Amazonas han quedado aislados y protegidos por terrazas limo arcillosas orgánicas de "neoformación" que permanecen al nivel o bajo el nivel del río y sólo afloran en los niveles mas bajos. Llamaremos terraza de la Milagrosa a una unidad de terrazas incipientes que aísla y protege los sistemas lacustres de Yahuarcaca y Zapatero de las intensas dinámicas del río Amazonas.

- Cordones fluviales (Scroll). Son las mismas barras crecientes, pero afectadas por las dinámicas de la planicie inundable en aguas altas.
- Depresiones lineales (Swales). Depresiones entre las barras de acreción, también inundadas en aguas altas.
- Sistemas lacustres de la planicie inundable. Sistemas de lagos que se asocian con planicies de inundación confinadas y que afloran en aguas bajas, pero que en aguas altas quedan completamente sumergidas y hacen parte del canal principal (los sistemas de Yahuarcaca y Zapatero se vinculan a este tipo de sistemas lacustres).
- Lagos de restinga. Antiguas bahías fluviales aisladas del río principal por procesos de colmatación de tipo restinga (Nascimiento *et al.,* 1976).
- Lago de presa. Generados por cierres parciales del sistema hidrológico.
- Lago de dique. También puede ser considerada dentro de esta clasificación los lagos de Yahuarcaca y Zapatero. Áreas donde se presentan procesos de colmatación y conserva un lago entre dos diques aluviales (Nascimiento *et al.,* 1976).
- Lago de dique. Lagos alargados, estrechos y arqueados que se presentan en depresiones, tienen forma interdigitada como resultado de la topografía de crestas y depresiones entre las acreciones arenosas (Latrubesse & Franzinelli, 2002).
- Canal de planicie de inundación. Canal de un orden de magnitud menor de descarga que en el canal principal y típicamente no activo durante los periodos de aguas bajas (Mertes *et al.*, 1996).
- Terrazas de neoformación. Se inundan en la época de máximo caudal y afloran en épocas de aguas bajas, podrían asociarse con las planicies por depósitos antiguos de barras en acreción, sólo que estos son muy recientes, mientras

los depósitos antiguos se consideran de edad Pleistocénica. Tienen la finalidad de aislar y proteger a los sistemas lacustres de la planicie inundable de la erosión remontante del río Amazonas.

Lagos actuales de la Amazonia. Los lagos se clasifican en función de las características geomorfológicas desarrolladas debido a los procesos fluviales en ambientes inundables. Los lagos más grandes, son en realidad valles fluviales o llanuras de inundación (Latrubesse, 2012). Latrubesse (2012), diferencia cuatro principales categorías de lagos que incluyen:

(a) Lagos desarrollados en los terrenos más antiguos sin relación directa con los sistemas fluviales actuales.
(b) Lagos desarrollados en los valles fluviales y sobre sedimentos cuaternarios, pero no directamente relacionado con relieves fluviales que a su vez comprenden.

- Lagos relacionados con el cambiante canal lateral.
- Lagos generados por accidentes geográficos, construidos por procesos de acreción vertical en el canal principal y por las inundaciones en la llanura de inundación (como es el caso del sistema Yahuarcaca-Zapatero)

(c) Lagos generados por procesos fluviales.
(d) Una variedad de humedales (y no muy típicos) "lagos"

Los sistemas lacustres de la planicie inundable: Zapatero y Yahuarcaca. Sobre la margen derecha del río Amazonas, entre el municipio de Leticia y la zona denominada la Milagrosa (Figuras 12 a 16), se extiende una planicie inundable en forma de cuña con eje Sureste Noroeste de azimut estimada de 340 grados. El sistema se ha construido debido a la acreción de barras de arena que en una primera etapa generaron el complejo lacustre de Zapatero completamente colmatado; posteriormente se presentó una nueva acreción de barras de arena que generó el complejo lacustre de Yahuarcaca. Son lagos de diques en amplias zonas de depresiones, entre las crestas de arena. Al parecer, las dinámicas del río Amazonas han generado de manera continua procesos de acreción lateral de barras de arena que gracias a las aguas altas y bajas, causaron la erosión interna de estos sistemas y depresiones en las cuales se generan ciénagas. En las zonas de barras al Sur-Oeste de Leticia, se originaron depresiones y se retrabajaron las crestas de arena, con lo cual se formó una depresión donde aparecen los sistemas de "neoformación" del complejo de Yahuarcaca que tiene contornos irregulares pero está controlado por las barras crecientes y las depresiones en arena (scroll y swales). Es importante recordar que el complejo está aislado del canal del río debido a terrazas de "neo formación". Estas terrazas de "neo formación" se originaron sobre inmensos bancos de arena fluvial, lavada, grisácea como basamento de todo el sistema que se reconoce en el área de la Milagrosa. La terraza se sitúa por debajo del nivel del río y solamente en las aguas bajas afloran los canales que se asocian con la depresión entre las barras de arena. Estos sistemas de ciénagas solamente reciben agua en las temporadas bajas a través de los canales que provienen del río Amazonas en sequias máximas, estos canales quedan completamente desecados ya que no entra agua al sistema y quedan completamente aislados. En epocas de aguas altas no se pueden observar los canales ya que quedan sumergidos bajo la película de agua del río Amazonas.

Complejo de Zapatero. Es un sistema de ciénagas que se disponen al Norte de de la ciénaga de Yahuarcaca, en la planicie de inundación con barras de arena crecientes perfectamente definidas. Se obtuvo una perforación de 2 metros de sedimentos en las coordenadas 4°10'25.69"S / 69°57'48.23"O. La secuencia es un paquete gradado positivamente desde su base, pasa de arenas a limos y arcillas hacia el techo de la secuencia. La columna estratigráfica está dominada en la parte basal por arenas medias grises oscuras, micáceas, muy gradadas positivamente; son arenas recientes asociadas a las dinámicas actuales del río. Este paquete se halla desde 1,71 m hasta el techo de la perforación. En el intervalo de 1,18 a 1,71 m se depositan niveles de limos con ligera gradación y muy limitados en materia orgánica. Ya hacia el techo de la secuencia desde las base hasta 1,18 m dominan las arcillas grises, pero hacia la base hay una ligera fracción limosa; el paquete muestra gradación positiva de las capas y es muy pobre en materia orgánica. El complejo lacustre fue datado en dos puntos de la secuencia dando una edad a la profundidad de 60-70 (101 +/- 0,5 años AP) y a la profundidad de 120- 130 (240 +/- 40 años AP) con unas tasas se sedimentación que oscilan entre 0.5 cm/año a 0.64 cm/año (Figuras 12, 14 y 16).

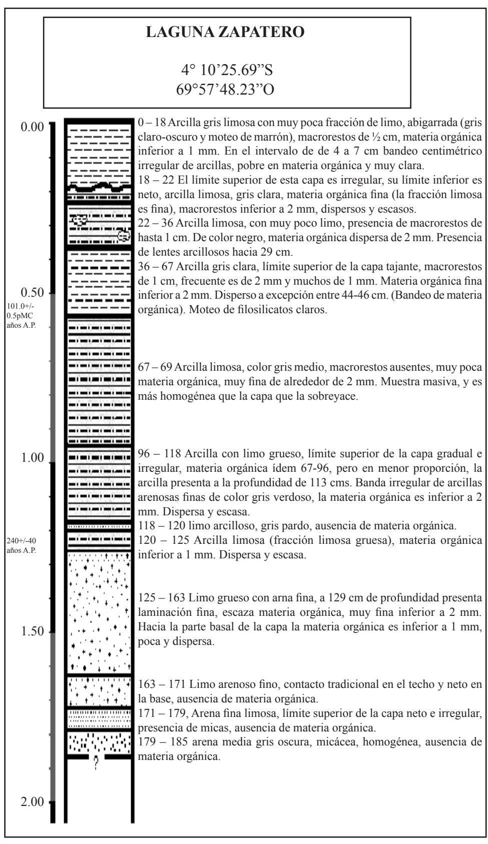


Figura 12. Estratigrafía de los sedimentos de fondo de la ciénaga de Zapatero.

Complejo de Yahuarcaca. Se localiza al Sur del complejo de Zapatero, se asocia con áreas de la planicie de inundación y en particular con barras crecientes de arena retrabajadas y desgastadas diferencialmente. La perforación que se recuperó en las coordenadas 4°11’28.03”S / 69°57’20.93”O” fue de 3.5 m. Presenta cuatro zonas de gradación positiva de arenas basales y limos superiores, que se reconocen así: 0,00 – 0.81 m (0,21 m de grosor), 0,81 - 1.22 m (0,41 m de grosor), 1,22 – 1.70 m (0,48 m de grosor), 1.70 – 4.53 m (2.83 m de grosor).

En cada uno de los paquetes sedimentarios dominan los limos, mientras eventos de arena tienen reducido grosor y por ende son de escasa duración en las etapas de generación de la secuencia sedimentaria. Las secuencias estratigráficas se inician en el lecho del río, sobre sustratos arenosos como se observa en La Milagrosa (Figura 14, 15 y 16) que es contemporánea con la “neoformación” de la terraza que lleva su nombre y muestra los primeros estadios de formación del sistemas Yahuarcaca – Zapatero.

El primer paquete gradado de arenas a limos aparece entre 1.70 y 4.53 m. Los tres centímetros inferiores corresponden a la parte basal de arena. Sobre el material se deposita un grueso paquete de limos que varía desde arcillosos a limos gruesos, con baja proporciones de materia orgánica. En general son de color gris oscuro a pardo. Un segundo paquete gradado de arena a limos se presenta entre 1,22 – 1.70 m (0,48 m de grosor). Se inicia con una capa de arenas de 9 cm de grosor, media limosa, con materia orgánica retrabajada, presencia de limos con laminación y fragmentos de macrorestos de hasta 0.5 cm. Sobre estas arenas aparece nuevamente un grueso paquete de limos de 39 cm con ligeras fracciones arcillosas y escasa representación de materia orgánica de color gris. Se reconoce un tercer paquete gradado de arenas a limos entre 0,81 - 1.22 m (0,41 m de grosor) en el cual las capas de arenas tienen hasta 32 cm de grosor. Estas arenas finas-medias a veces con fracción limosa, tienen filosilicatos con escasa o nula presencia de materia orgánica. Sobre estas arenas, se sedimenta un paquete de limos de 8 cm de grosor, que presentan fracción arcillosa, con laminación paralela, materia orgánica y macrorestos de dimensiones no superior a los 4 mm. Un último paquete gradado se halla entre 0,00 – 0,81 m (0,21 m de grosor), la parte inferior es de 5 cm de arenas finas laminadas con limos, con macrorestos de dimensiones superiores a 2 mm y filosilicatos. Sobre estas arenas se depositan 0,76 m de limos y lodos grises con laminación, algunos orgánicos, pero con escasa materia orgánica. El complejo Yahuarcaca se dató a la profundidad de 1,91 a 1,92 desde su techo, que es la parte basal del sistema de ciénagas en aguas altas, dando una edad promedia de 150 +/- 40 años AP y una tasa media de depositación de hasta 1,2 cm/año, que muestra la rápida y reciente formación de estos sistemas (Figura 13, 14 y 16).

La Milagrosa. En épocas de aguas bajas del río Amazonas emerge un sistema de terrazas de neoformación, que se localizan entre el sistema actual del canal del río y el sistema de la planicie de inundación confinada, son muy orgánicas y muy recientes. La Milagrosa es una terraza de cierre de neoformación, que aísla el sistema lacustre

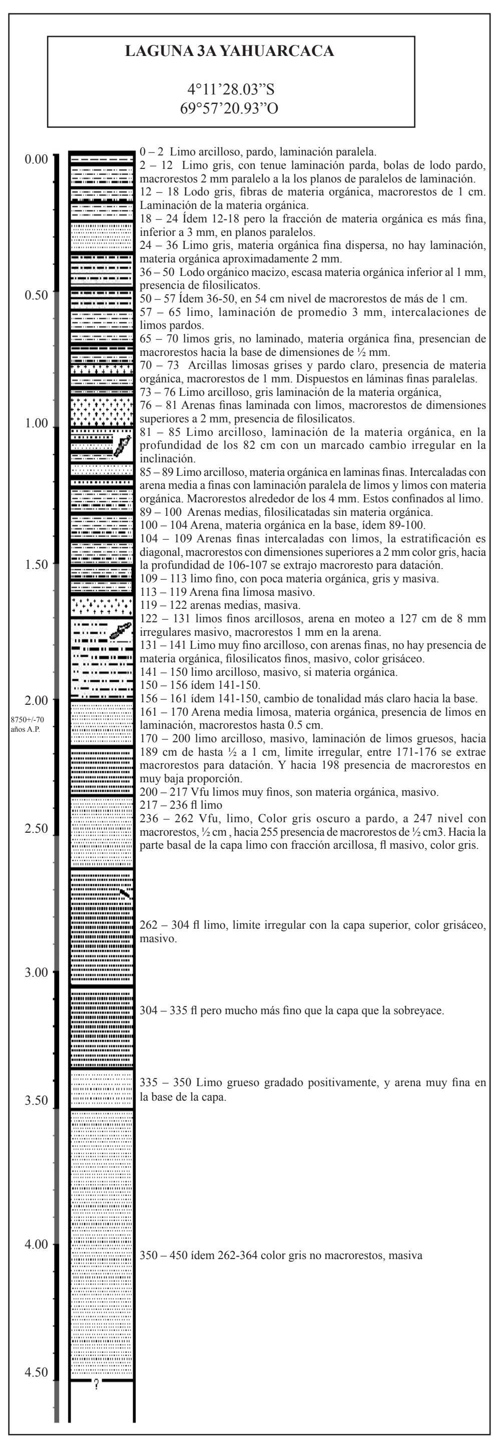


Figura 13. Estratigrafía de los sedimentos de fondo de las ciénaga de Yahuarcaca.

de Yahuarcaca-Zapatero y evitan la erosión de los sistemas lacustres al generar una barrera de defensa y protección del sistema de Yahuaraca. Las terrazas de “neoformación” son potentes en espesor, con alrededor de 3,50 metros y se han desarrollado bajo la dinámica de aguas bajas y altas y el estancamiento de las aguas del río Amazonas, por lo que son de estratigrafía muy compleja. La estratigrafía de la terraza ubicada en las coordenadas 4°10’32.34”S / 69°58’35.66”O en el sector de la Milagrosa, muestra una secuencia de 5.58 m de espesor y se ubica en una de las depresiones de las barras de arenas que son las canales de alimentación del sistema de lagos. Se inicia sobre paquetes de arena entre de 4.83 y 5.13 metros. Estas arenas son parte de los cordones arenosos de fondo del rio, son de textura medias, color crema a café claro (Figura 14, 15 y 16) y al parecer después de estas arenas de fondo, el sistema fue aislado, con lo cual se permitió la depositación de paquetes de niveles arcillosos entre 4.46 y 4.96 metros de profundidad.

Las arcillas son de color café con bandas claramente definidas con contactos tajantes y grosor de capas que van de milímetro a centímetro perfectamente definidas, de color grisáceo a café claro, presenta mineral diagenético de textura terrosa y color azul muy intenso inferior al 2% (vivianita) en lentes de 1 a 4 mm de diámetro, concentrada en los niveles de turba. La depositación de “vivianita” (fosfato de hierro hidratado) se vincula con depósitos sedimentarios asociados con huesos, madera en descomposición y otros residuos orgánicos en condiciones reductoras y sistemas estables. Los minerales tienen un alto porcentaje de ión férrico procedente de la oxidación del ión ferroso, responsable del intenso color azul del mineral. También asociada a estas depositaciones de paquetes arcillosos, es muy común observar niveles con bandas continuas de materia orgánica y niveles turbosos, a las profundidades de 4.45 a 4.46 m, 4.40 a 4.41 m, 4.35 a 4.36 m, 4.27 a 4.28 m, 4.22 a 4.24 m, 4.05 a 4.10 m y 3.71 a 3.76 m. Varios de estos niveles se asocian con las épocas de sequía registradas a nivel global alrededor de los años 1820,1830 y 1850 (Bethell *et al.,* 1991), mientras que un evento se asocia a un máximo de descenso de temperatura hacia 1840

En los intervalos 3.53 m a 3.66 m y 3.41m a 3.47 m de profundidad, aparecen secuencias ligeramente



Figura 14. A. Sistema de las ciénagas de Yahuarcaca, Zapatero y terraza de La Milagrosa (Google Earth Modificada 2009). B. Terraza de neoformación sector la Milagrosa. C. Arenas basales de río en contacto con las arcillas de fondo del sistema de ciénagas Yahuarcaca-Zapatero. D. Secuencia de sedimentación de materia orgánica y niveles con alta concentración de materia orgánica al interior de los paquetes de arcilla en la secuencia Milagrosa.

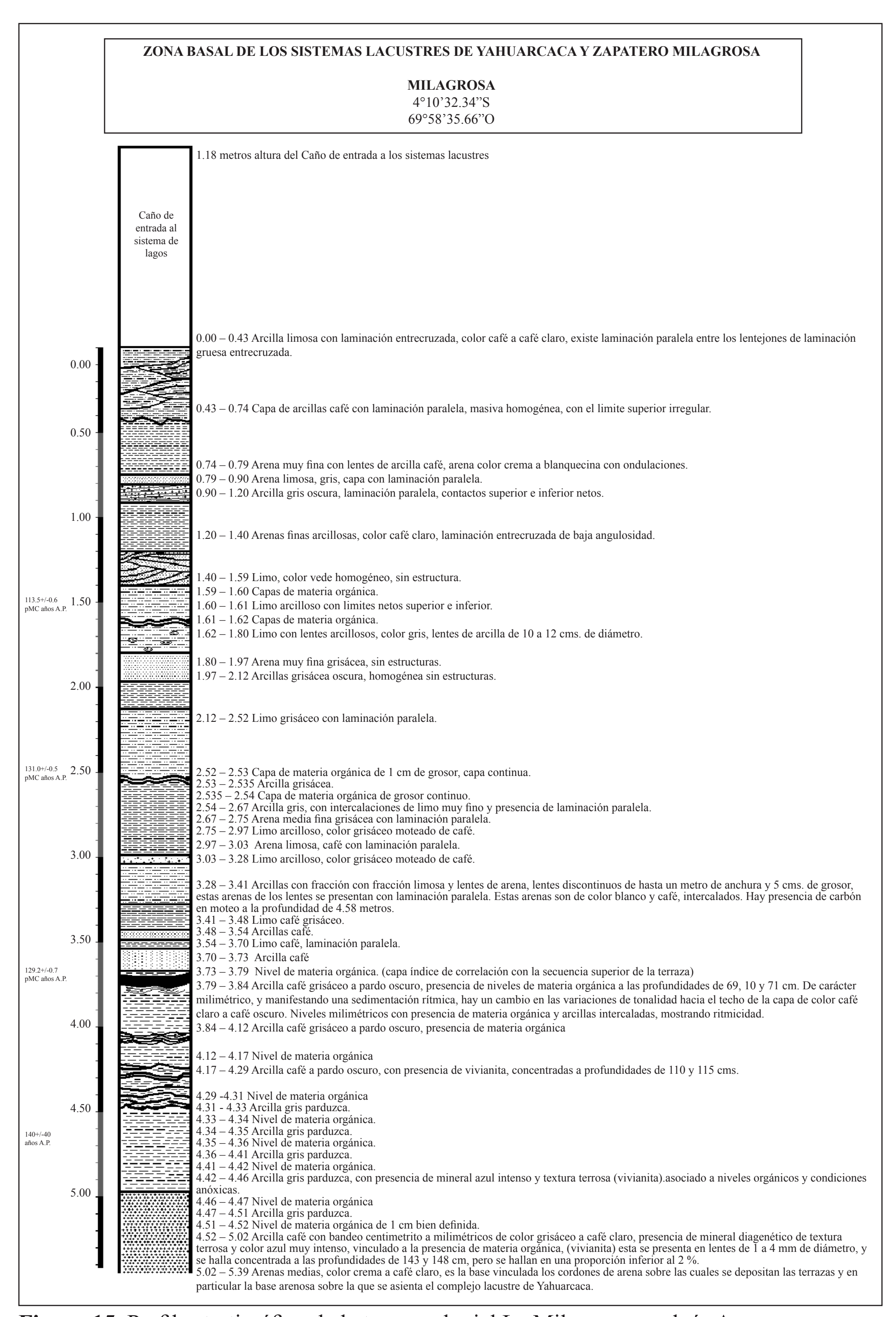
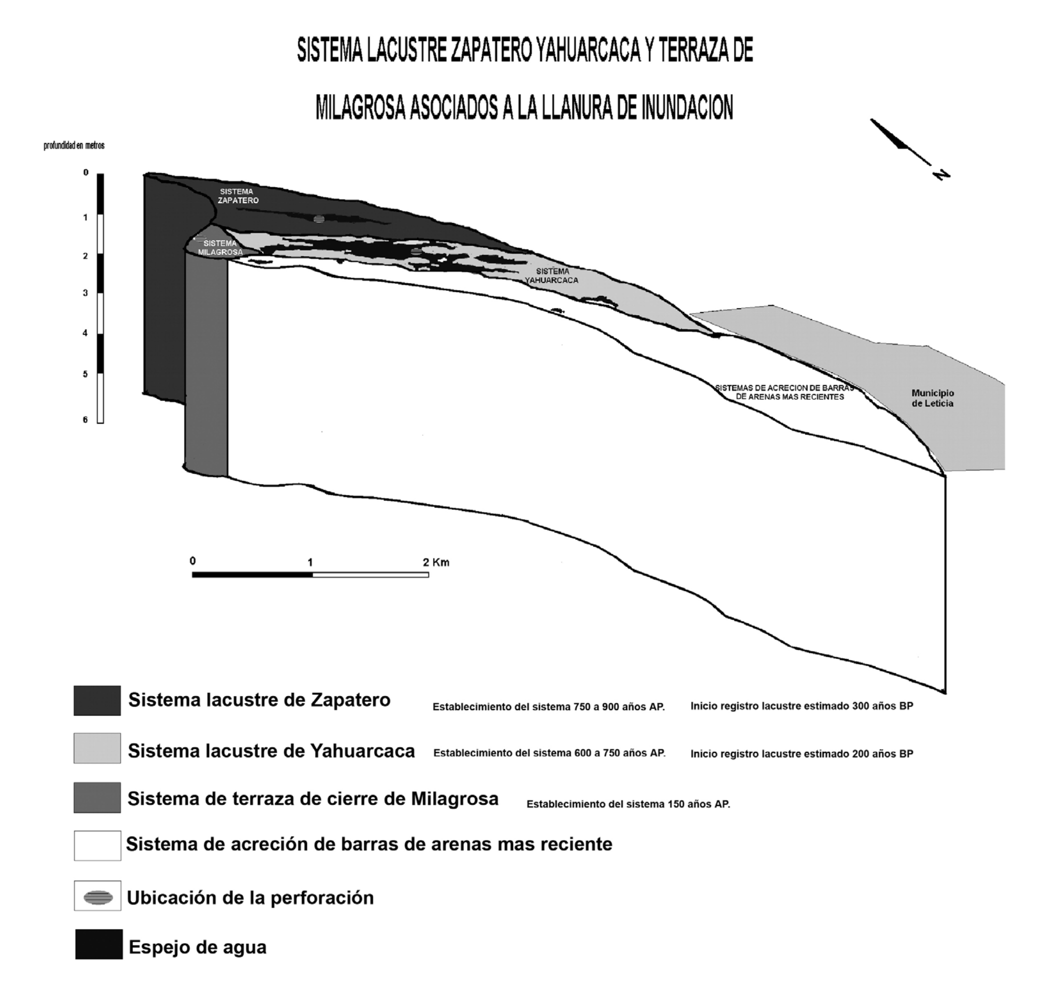


Figura 15. Perfil estratigráfico de la terraza aluvial La Milagrosa en el río Amazona.



Sistema lacustre	Área estimada (km^2)	Área estimada (m^2)	Porcentaje de área	Volumen probable de sedimento (m^3)	Toneladas probables de material (Ton) (densidad 1.9)
Zapatero	5.45	5447054.40	47.64	27235272	51747016.8
Yahuarcaca	3.70	3696526.27	32.33	18482631.35	35116999.57
Milagrosa	0.44	440801.25	3.86	2204006.25	4187611.875
Sistema reciente de acreción	1.85	1848939.07	16.17	9244695.35	17564921.17
	11.43	**11433320.99**	**100.00**	**57166604.95**	**108616549.4**

Sistema lacustre	Humedad estimada (M^3)	Carbono orgánico estimado (Ton)	Carbono inorgánico estimado (Ton)	Material sedimentario estimado (Ton)	Toneladas probables de material (Ton) (densidad 1.9)
Zapatero	13647654.72	1261023.05	1183.97	36837155.06	51747016.80
Yahuarcaca	17296878.14	1015408.04	No estimado	16804713.39	35116999.57
Milagrosa	1100642.59	85992.61	302.89	3000673.78	4187611.88
Sistema reciente de acreción	No estimado	No estimado	No estimado	No estimado	No estimado
	32045175.44	**2362423.70**	**1486.86**	**56642542.23**	**108616549.41**

Figura 16. Modelo del sistema de ciénagas de Yahuarcaca - Zapatero y sus relaciones temporales.

más gruesas de limo café con laminación paralela, que indican que el río Amazonas afectó de manera sutil nuevamente estos territorios aislados de depositación de materiales arcillosos. Son paquetes de poca potencia y siguen siendo lodos que se precipitaron en el sistema. Es importante recordar que estos periodos de secuencias arcillosas – limosas siguen una secuencia y afectaron toda la columna estratigráfica de la Milagrosa al menos hasta el nivel entre 2.95 m y 3.06 m, donde se encuentran paquetes de arenas limosas de color café con laminación paralela. Este último paquete de arenas, se relaciona con los mayores pulsos energéticos en los sistemas lacustres que generaron una acreción bastante marcada en estas secuencias sedimentarias de las terrazas de "neoformación" (Figura 14). A partir de 2.76 m, son frecuentes los materiales de texturas limosas y arenosas, hay niveles de arcillas que presentan ocasionalmente materia orgánica, que sirven como guía en la secuencia. Los limos presentan colores pardos a cafés y las arenas medias a finas son de color gris con laminación paralela.

Las incursiones del río Amazonas en el sistema y su aislamiento facilitan la sedimentación de lodos y de materia orgánica, que presenta la ritmicidad por la intercalación de niveles de arcilla, limo, arena con gradación positiva. La periodicidad se relaciona con eventos de máximos y mínimos de caudal en el sistema. Cronoestratigraficamente la secuencia ha sido datada a diferentes profundidades; a la profundidad de 4.43 m la edad estimada es de 100 +/- 40 AP. , a 3.76 m una edad estimada de 130.4 +/- 0.7 pMC; a una profundidad de 2.53 m una edad estimada de 131.5 +/- 0.5 pMC y a 1.63 m una edad estimadas de 114.5 +/- 0.6 pMC. Las dataciones ilustran el origen reciente de estas unidades y la intensa dinámica fluvial del río Amazonas en este territorio. De todos los sistemas lacustres examinados, Zapatero es el más antiguo, mientras Yahuarcaca es el más reciente y contemporáneo con la construcción del sistema de la Milagrosa. Toda la unidad realmente es muy reciente, no excede los 200 años de antigüedad.

DISCUSIÓN

Durante el Plioceno, el suroeste de la Amazonia brasileña dejó de ser una cuenca sedimentaria eficaz y pasó a convertirse en una zona de erosión que contribuyó con una alta carga de sedimentos al sistema fluvial del Amazonas. El sistema fluvial del Amazonas se integró regionalmente -con bastante probabilidad- en el Plioceno Temprano, cuando adquirió su aspecto actual y comenzó el drenaje de agua y transporte de sedimentos a gran escala hacia el Océano Atlántico. Las condiciones fueron de dinámica neotectónica compresiva que condicionó el desarrollo de los cinturones fluviales, particularmente en el suroeste de la Amazonía brasileña. La situación se reflejó en el aumento del ancho y en la cantidad de canales formados, fenómenos que evidencian los cambios regionales en bloques subsidentes durante el Pleistoceno tardío y probablemente durante parte del Holoceno (Latrubesse 2003, Latrubesse & Francinelli 2002, Latrubesse *et al.* 2010).

La geomorfología del trapecio amazónico está dominada por paisajes colinados que se han asociado con remanentes de penillanuras sobre sedimentos Terciarios. Es el resultado de diversos procesos de incisión del río Amazonas durante las etapas finales del Neogeno y durante el Cuaternario. Aunque no las delimitó, Botero (1996) ya había mencionado la existencia de penillanuras y frentes de erosión. En este estudio se identificaron dos grandes remanentes de penillanuras: Pureté y Cabimas (Pc). También se reconocieron pequeños remanentes de penillanuras ligeramente degradadas en el territorio dispuestas de manera escalonada (Botero, 1996; Girard *et al.,* 2002). La cronología de estos eventos es aún materia de investigación, razón por la cual no se alude de manera clara a las etapas de formación. En síntesis se evidencian tres niveles de base que se asocian al origen de la Formación Jericó, Iça y al actual nivel de denudación del río Amazonas. Adicionalmente se postulan dos niveles más altos, ligados a la formación de los frentes de erosión y a la generación de las penillanuras Purete y Cabimas.

En los procesos de denudación del río Amazonas y su evolución, se reconoció la existencia de paleodrenajes. En el territorio colombiano se reconoce un paleocanal afín al río Amazonas moderno, presenta 60 km de ancho y en su interior se reconocen tres eventos de excavación separados en el tiempo. El análisis geomorfológico puso de manifiesto que el primero eliminó unos 60 m de la Formación Solimões y sobre el piso de este primer paleocanal, se depositaron los estratos basales de la Formación Jericó. Un segundo pulso se anidó, en el piso del primero y eliminó aproximadamente

20 m más de la Formación Solimões y permitió la depositación de los primeros estratos de la Formación Iça. El último evento, creó el piso sobre el cual discurren los canales del río Amazonas moderno y permitió la depositación de los sedimentos de la terraza de Leticia-Tabatinga y de las llanuras actuales. Los tres niveles de excavación del Paleo río Amazonas son niveles ¨base¨ de erosión, que permitieron la formación de los tres frentes de erosión detectados en los paisajes de la Amazonía y sus relictos de penillanuras.

En las formaciones del Cuaternario de la planicie aluvial del río Amazonas se incluyen a las terrazas no afectadas por el ciclo anual del río y a las unidades localizadas al interior de la llanura inundable actual del Amazonas. Entre las unidades geomorfológicas de la Amazonía colombiana se han reconocido dos grandes grupos: las terrazas no afectadas por el ciclo anual del río y las unidades de la llanura inundable actual. En la primera se reconoce a la terraza Leticia-Tabatinga, las terrazas orgánicas, las lagunas asociados con cananguchales en la terraza de Leticia y los drenajes retrabajados de la terraza de Leticia. En la segunda, se incluyen a los sistemas lacustres de la planicie inundable y a todos los elementos comunes a una llanura de inundación. En la Amazonía colombiana se han reconocido al menos dos niveles de terrazas y un nivel de terrazas de "neoformación". Un primer nivel, es la terraza de Leticia-Tabatinga, plana, donde aflora la Formación Iça. La terraza está dominada por sedimentos blanquecinos. Aunque la edad de la Formación Iça es Plio-Pleistocénica, las condiciones de depositación de los sistemas modernos entre el Pleistoceno tardío-Holoceno son muy diferentes y se formaron probablemente bajo condiciones climáticas relativamente secas con respecto a las actuales como por ejemplo durante el Pleniglacial medio. A este respecto Iriondo & Latrubesse (1994) y Latrubesse (1994) sugirieron un ambiente de clima seco en la Amazonia Central, con vegetación de sabanas y clima estacional con precipitación entre 850 a 1000 mm y un sistema de circulación muy similar a los actuales, con patrón bimodal de lluvias, con sistemas atmosféricos regionales muy débiles. Latrubesse (2000) mencionó que la aridez alcanzó su punto culminante durante el Pleniglacial tardío, alrededor de 24000 años AP., hacia el Pleniglacial medio, altas precipitaciones afectaron los territorios Andinos y se presentó un cambio continuo hacia condiciones secas en las tierras bajas; los vientos alisios fueron más intensos y secos que en las condiciones actuales a partir de 14000 años A.P. Latrubesse & Nelson (2001) en la unidad superior de la Formación Boa Vista reconocen unidades de paisaje de dunas, que asocian al último período seco del Pleistoceno y a otro en el Holoceno. Latrubesse (2002) reconoció cambios significativos durante el Pleistoceno Tardío en los sistemas paleohidrológicos que evidencian aridez en la zona, la sustitución del bosque por la sabana y el proceso de avulsión en los ríos.

Durante el tardiglacial (14-10 ka) Latrubesse & Franzinelli (2005) plantean que en el río Negro hubo abundante carga en suspensión como respuesta a cambios climáticos asociados con deglaciación, dado que aproximadamente desde 14 ka, el río se comporta como un sistema progradacional, llenando las cuencas tectónicas como trampas de sedimentos. Este comportamiento ilustra las respuestas de los ríos a profundos cambios en el nivel base en el Cuaternario tardío, aunque ya en el Holoceno se alcanzaron condiciones de equilibrio.

Latrubesse y Rancy (1996) en el suroeste de la Amazonía (río Jurui), reconocieron una etapa de sedimentación en el Pleistoceno tardío que asociaron con un clima árido en la zona, probablemente durante el Pleniglacial medio de la última glaciación; también reconocieron otra fase de sedimentación de edad Holocénica asociada a sedimentos finos en depósitos de acreción lateral y abundantes restos de troncos y hojas en los sedimentos, indicios de que la selva estaba presente en la zona durante el Holoceno. Ya en este momento el río tenía un serpenteo de su red de drenaje. Latrubesse (2000) reconoció que la sedimentación en los cinturones aluviales estuvo influenciad por la deglaciación, es probable que esta fase de sedimentación culminara con la transgresión marina del Holoceno medio. Iriondo & Latrubesse (1994) habían expuesto que un cambio en la dinámica regional de segundo orden era necesario para que se presentara una fase de clima seco en los territorios amazónicos.

Las terrazas denominadas orgánicas son de un ciclo de generación más reciente de materiales Cuaternarios que los de la terraza de Leticia, tienen alrededor de 8800 a 10000 AP., aproximadamente

y están compuestas por niveles de arenas limosas medias a finas, algunos niveles de limo y niveles puntuales de arcillas. Al interior de la terraza de Leticia existen humedales asociados con cananguchales (palmares de *Mauritia flexuosa*) sobre la terraza de Leticia y cuya formación se vincula con la erosión diferencial de la terraza de Leticia, erosión que generó depresiones de 200 a 300 m de diámetro que se expandieron y facilitaron el establecimiento de lagunas. Estos sistemas son recientes, con edad de 530 +/- 40 A.P. A la profundidad de 1.00 mts. se dataron además los drenajes retrabajados en la terraza de Leticia que disectan la llanura y que no están asociados con un patrón en particular, pero lo más interesante es que sobre estas zonas, continuamente retrabajadas, se reconocen grandes acumulaciones de materia orgánica que se han depositado intercalados con niveles arenosos, y que llegan a tener una edad de hasta 12000 a 14000 años A.P. en la base de las secuencias como se pudo comprobar con la datación de 8640 +/- 60 años AP, realizadas en estos sistemas.

El otro nivel es la llanura inundable actual y comprende las geoformas internas a los canales (islas y barras laterales) y la llanura adyacente, donde figuran los extensos complejos de cordones arenosos lineales y sus depresiones pantanosas o lagunas asociadas. A primera vista, es claro que la llanura inundable actual del río Amazonas presenta dos subsistemas lateralmente conectados, el de los canales principales y el de los cordones fluviales (scroll) y depresiones lineales (swales). En los primeros se reconocen a la planicie de inundación dominada por canal (channel-dominated floodplain), canales, barras arenosas de canal (channel sand bars), planície de inundacion de barras crecientes (scroll bar floodplain), las barras en acreción (scrolls), diques marginales (levees), islas de canal (channel islands), áreas de meandros abandonados (abandoned meander belts), la planicie de inundación confinada (impeded floodplain) y la planicie dominada por depósitos antiguos de barras en acreción (older scroll-dominated plain). En el segundo subsistema, se incluyen a los cordones fluviales (scroll), las depresiones lineales (swales), los sistemas lacustres de la planicie inundable, lagos de restinga, lago de presa, lago de dique (ciénagas de Yahuarcaca y Zapatero), canal de planicie de inundación y a las terrazas de “neoformación”.

En el sistema lacustre de la planicie inundable, figuran los complejos de Zapatero y Yahuarcaca en la margen derecha del río Amazonas entre el municipio de Leticia y la zona denominada la Milagrosa. Son lagos de diques en amplias zonas de depresiones, entre las crestas de arena. Al parecer, las dinámicas del río Amazonas, las depresiones de la zona Sur y las crestas de arena fueron retrabajadas y se generó una depresión donde aparecen los sistemas de “neoformación” del complejo Yahuarcaca que tiene contornos irregulares pero están controlados por las barras y depresiones de cordones (scrolls y swales) de arena. Estos complejos lacustres están protegidos por terrazas de “neoformación” que permanecen generalmente sumergidas en las aguas altas; solamente los canales que se asocian con las depresiones entre las barras de arena afloran, como lo es el caso de la terraza la Milagrosa, que en su parte superior presenta una serie de canales a través de los cuales se alimenta el sistema lacustre.

El complejo lacustre de Zapatero fue datado en dos puntos de la secuencia dando una edad a la profundidad de 60-70 cm (101 +/- 0,5 años AP) y a la profundidad de 120- 130 cm (240 +/- 40 años AP) con unas tasas se sedimentación que oscilan entre 0.5 cm/año a 0.64 cm/año. El complejo de Yahuarcaca se datό a la profundidad de 191 a 192 cm dando una edad promedia de 150 +/- 40 años AP y una tasa media de depositación de hasta 1,2 cm/año. La terraza de cierre Milagrosa fue datada, a diferentes profundidades. A la profundidad de 4.43 m de edad estimada de 100 +/- 40 A.P., a 3.76 m una edad estimada de 130.4 +/- 0.7 pMC. A una profundidad de 2.53 m una edad estimada de 131.5 +/- 0.5 pMC y a 1.63 m una edad estimadas de 114.5 +/- 0.6 pMC. Las fechas obtenidas muestran el origen reciente de estos complejos y la intensa dinámica fluvial del río Amazonas en este territorio. Zapatero es el complejo más antiguo, mientras Yahuarcaca es el más reciente y contemporáneo con la construcción del sistema de la Milagrosa. Toda la unidad realmente es muy reciente, no excede los 200 años de antigüedad.

La estratigrafía se resume así: la Formación Solimões, que es la más extendida en el territorio de la Amazonia colombiana, sus afloramientos superficiales se estiman de edad Mio-Pliocénica. Sobre esta formación evolucionaron varios niveles de penillanuras, las de más relevancia en el paisaje son Purete y Cabimas. Estas penillanuras son

evidencias de las dinámicas del río Amazonas y su red de drenaje en el territorio. Discordantemente se dispone la Formación Jericó de edad estimada Plio-Pleistocènica con intensos procesos de iluviación y formación de Gibsitas, sólo se presenta en un pequeño cinturón al noroeste de Leticia en la vía a Tarapacà. A continuación e igualmente de manera discordantemente, descansa la Formación Içá, que se halla en un nivel de base muy inferior a las dinámicas actuales del río Amazonas en los territorios colombianos. Presenta estratos con retrabajamiento de los sedimentos de la Formación Jericó y se ha estimado de edad Plio-Pleistocénica. Por último (más reciente) en la estatigrafía, aparecen las formaciones recientes del río Amazonas, como la terraza de Leticia Tabatinga, de edad entre 11.000 - 12.000 años A.P. y directamente sobre la llanura de inundación del río Amazonas se generan terrazas orgánicas, con edades comprendidas entre 8000 y 10000 años A.P., algunas dispuestas de manera paralela al curso actual del río. Los drenajes provenientes de la terraza de Leticia-Tabatinga, que discurren al río Amazonas, dejan depósitos profundos, algunos con sutiles paquetes de turbas y maderas conservadas, edad entre 8000 y 9000 años A.P.

Estratigráficamente los últimos procesos (Figura 2; T0 y T1), generaron la depositación de todos los elementos de la llanura actual de inundación, así como todas las geoformas de los canales principales de cordones fluviales y de depresiones. Son de particular importancia los complejos Zapatero, Yahuarcaca y Milagrosa, donde se evidencia la evolución temporal de estos sistemas. Zapatero es el más interno en la serie de cordones arenosos con una edad de 240 años A.P., le sigue Yahuarcaca el sistema el más externo con una edad de 150 años A.P. Ambas están protegidas por una terraza de neoformación denominada la Milagrosa de edad estimada inferior a los 130 años A.P. Toda la unidad morfológica de los complejos lacustres no excede 300 a 400 años de antigüedad desde su origen, interpretación que demuestra lo frágil de estos sistemas ante la marcada transformación del paisaje que ejerce el río Amazonas en el territorio (Anexo 1G).

AGRADECIMIENTOS

A la vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, a la Dirección de Investigación Sede Bogotá - DIB -, a la sede Amazonía de la Universidad Nacional de Colombia, al Instituto de Ciencias Naturales – ICN – y a la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá por el apoyo para la realización de la investigación en el marco de la propuesta Valoración integral del flujo histórico y actual de carbono en el sistema de inundación Yahuarcaca (Amazonía colombiana): su importancia en el cambio climático global y al proyecto de investigación inventario de la biodiversidad de Colombia.

LITERATURA CITADA

Aster Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). 2010. [En linea] [Consultado el 20 de enero de 2011]. http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/.

Boorder, H. 1980. Contribución preliminar al estudio de la estructura geológica de la Amazonía colombiana. Rev. CIAF 5(1): 49-96.

Botero, P.J. 1980. Características geo-morfo-pedológicas de los paisajes entre los ríos Putumayo y Caquetá, Amazonía Colombiana. Rev. CIAF 5(1): 127-150.

Botero, P., J.B. Jiménez, J.M. Herrera, L.A. Castillo, N. Rodríguez, A. Duque, & Y. Mendoza. 1996. Inestabilidad de los paisajes de Orinoquia- Amazonía ORAM, IGAC. VII Congreso Colombiano de Geología. 13 pp. Bogotá.

Díaz, G.D. 1980. El proyecto radargramétrico del Amazonas y los recursos naturales de la Amazonía Colombiana. Rev. CIAF 5(1): 11-48.

Dumont, J.F. 1993. Lake patterns as related to neotectonics in subsiding basins: the example of the Ucamara depression, Peru. Tectonophysics 222: 69-78.

Galvis, J., A. Huguett, P. Ruge & H. de Boorder. 1979. La Amazonía colombiana y sus recursos. Escala 1:500.000. IGAC. Proyecto Radargramétrico del Amazonas, Tomo II Mapa de Geología (11 planchas). IGAC. Bogotá.

Girard, J.P., P. Freyssinet & A.C. Morillon. 2002. Oxygen isotope study of Cayenne duricrust paleoSurfaces: implications for past climate and laterization processes over French Guiana, Chemical Geology 191: 329–343.

González M., N., L.A. Forero-T. & J.O. Rangel-Ch. 2002. Cambios en la vegetación y el clima

durante el pleniglacial medio y superior en el Valle de Tenjo (Cundinamarca, Colombia). Caldasia 24 (1): 15-32.

González-R., J.M. 2004. Evolução holocênica do río Amazonas entre a ilha do careiro e a foz do río madeira. thesis pós-graduação em geociências Universidade Federal do Amazonas, instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências. 93 pp. Manaus.

GOOGLE EARTH. 2008. KML Gallery: Explore the Earth on Google. [En linea] [Consultado en 01/02/2011]. Acceso en: http://earth.google.com/gallery/index.html.

Gross, M., W.E. Piller, M.I. Ramos & J.D. Da Silva Paz. 2011. Late Miocene sedimentary environments in south-western Amazonia (Solimões Formation; Brazil). Journal of South American Earth Sciences 32:169 – 181.

IDEAM. 2010. Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. 252 pp. Bogotá.

IGAC. 1999. Paisajes Fisiográficos Orinoquia-Amazonia (ORAM) Colombia. 372 pp.

International Commission on Stratigraphy. (2013). Stratigraphic Guide [En línea] [Consultado el 30 de febrero de 2011]. http://www.stratigraphy.org/upload/bak/litho.htm.

Iriondo, M. & E.M. Latrubesse. 1994. Probable scenario for a dry climate in central Amazonia during the late quaternary. Quaternary lnternational. 21:121-128.

Jaramillo J., A., L.N. Parra S. & J.O. Rangel-Ch. 2011. El registro de los cambios de clima en la estratigrafía de la Amazonía colombiana I. neógeno - inicios del cuaternario. Bogotá. Caldasia 33(2): 539:572.

Khobzi, J., S Kroonenberg, P. Faivre & A. Weeda. 1980. Aspectos geomorfológicos de la Amazonía y Orinoquia Colombianas. Rev. CIAF 5(1): 97-126.

Kroonenberg, S., L.A. Leon, J.M. Pastana Do N. & M.R. Pessoa. 1980. Landscape in northwest Colombia. Rev. CIAF 6(1-3): 455-467.

Latrubesse, E.M. & C.G. Ramonell. 1994. A climatic model for southwestern Amazonia in last glacial times. Quaternary international. 21:163-169.

Latrubesse, E., A. Rancy, C. Ramonell & J. Souza. 1994. A Formação Solimões: Uma formação do Mio-Plioceno da Amazônia Sul-Ocidental. Boletim de Resumos Expandidos. Sociedade Brasileira de Geología. Edição dos Resumos expandidos do IV Simpósios Nacional de Estudos Tectônicos. Belém. 20pp.

Latrubesse, E.M. & A. Rancy. 1995. The late quaternary of the upper Jurui river, southwestern Amazonia, Brazil. Geology and vertebrate palaeontology. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Vol 11.

Latrubesse, E., J. Bocquentin, J.C.R. Santos & C.G. Ramonell. 1997. Paleoenvironmental model for the Late Cenozoic of southwestern Amazonia: paleontology and geology. Acta Amazonica 27: 103–118.

Latrubesse, E.M. & E. Franzinelli. 1998. Palaeohydrology and Environmental Change. In: G. Benito, V.R. Baker & K.J. Gregory (eds). Amazonia, Brazil. Palaeohydrological implications. Chapter 19.

Latrubesse, E.M. & A. Rancy. 2000. Neotectonic infuence on tropical rivers of southwestern Amazon during the late quaternary: the Moa and Ipixuna river basins, Brazil. Quaternary International 72:67-72.

Latrubesse, E.M., A. Rossi & E. Franzinelli. 2000. Geomorphology of the pacaás novos range, southwestern Amazonia, Brazil: one example on the importance of geomorphological evidences to the reconstruction of quaternary paleoenvironmental scenarios in Amazonia. Revista Brasileira de Geociências 30(3):517-521.

Latrubesse, E.M. & B.W. Nelson. 2001. Evidence for Late Quaternary Aeolian activity in the Roraima–Guyana Region. Catena 43:63–80.

Latrubesse, E.M. & E. Franzinelli. 2002. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. Geomorphology 44: 241-257.

Latrubesse, E.M., g. Brazil & T. Kalichi. 2002. Late Quaternary paleohydological changes in the upper Purus Basin, southwestern Amazonia, Brazil. Z. Geomorphology. N.F supplement 129:41-59.

Latrubesse, E.M. & E. Franzinelli. 2005. The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems. Geomorphology 70:372– 397.

Latrubesse, E.M & J.C Stevaux. 2009. Hydrogeomorphology, sediment transport and human impact in large south American rivers: preface. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. 16(2):77-78.

Latrubesse E.M., M. Cozzuol, S.A.F Da Silva-Caminha, C.A. Rigsby, M.L. Absy & C. Jaramillo.

2010. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. Earth-Science Reviews 99: 99–124.

Latrubesse, E.M. 2000. Amazon Lakes. Springer Science Business Media B.V. Comp. by: KJayaraja Stage: Proof Chapter No: 36 Title Name: ELR.

Latrubesse, E.M. 2000. The Late Pleistocene in Amazonia: a Palaeoclimatic Approach. In P. Smolka and W. Volkheimer (eds). Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates: 209–222. Springer-Verlag.

Latrubesse, E.M. 2002. Evidence of quaternary palaeohydrological changes in the middle Amazonia: The Aripuana-Roosevelt and Jiparana "Fans". Geomorphology. Supplement. 29. 61-72

Latrubesse, E.M. 2003. The Late-Quaternary Palaeohydrology of Large South American Fluvial Systems. In: K.J. Gregory & G. Benito (eds). Palaeohydrology: Understanding Global Change. John Wiley & Sons. Ltd.

Latrubesse, E.M. 2008. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. Geomorphology 101:130–145.

Mejía, C.L. 1980. Suelos de las vegas del río Guaviare y paisajes adyacentes: una zona transicional entre la Amazonía y los Llanos Orientales. Rev. CIAF 5(1): 151-178.

Mertes, L.A.K, T. Dunne & L.A. Martinelli. 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. Geol Soc. Am. Bull. 108: 1089-1107.

Mertes, L.A.K., M.O. Smith & J.B. Adams. 1993. Estimating suspended sediment concentrations in Surface waters of the Amazon River wetlands from Landsat images. Remote Sens. Environ. 43: 281-301.

Nascimento, M. Da. & M.G.L Caandgar-C. 1976. Geomorfologia da Folha SA.21-Santarém. In: Projeto RadamBrasil. Folha SA.22-Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. río de Janeiro:MME/DNPM 10: 131–198.

Riley, S.J., S.D. Degloria & R. Elliot. 1999. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. Intermountain Journal of Sciences 5:1-4.

Rossetti, D.F. & T. Mann. 2007. Environmental changes in Amazonía as evidenced by geological and paleontological data. Revista Brasileira de Ornitologia 15 (2):2251-2264

Rossetti, D.F. 2005. Application of SRTM images and sedimentology to characterize Neogene and Quaternary deposits of the Brazilian Amazon. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE: 1869-1874.

Rozo, M.G., A. Nogueira & W.Truckenbrodt. 2012 The anastomosing pattern and the extensively distributed scroll bars in the middle Amazon River. Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf. Process. Landforms. 37(14):1471–1488.

Sena-Costa, J.B., R.L. Bemerguy, Y. Hasui, M. Da Silva Borges, C.R. Paranhos, B.P.E. Leal, M.C. Lima Da & J.M. Garrafielo. 1996. Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. Geonomos 4 (2): 23-44.

Shephard. G.E., R.D. Müller, L. Liu & M. Gurnis. 2010. Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate–mantle interaction. Nature Geoscience. December. 3:870–875. www.nature.com/naturegeoscience.

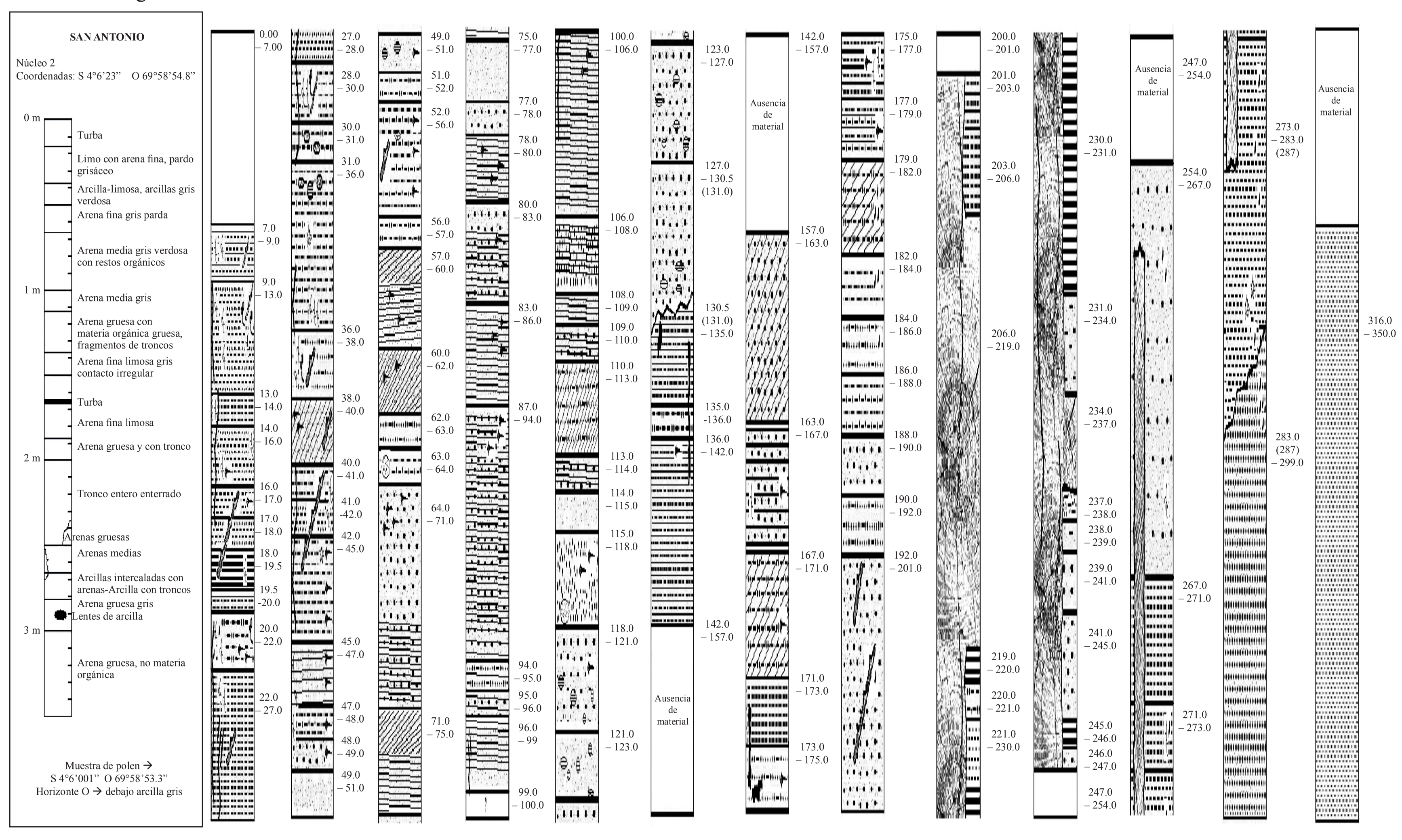
SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM). 2012. SRTM. [En linea] [Consultado en 01/02/2010]. Acceso en:http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/.

TOPOGRAPHIC RUGGEDNESS INDEX. TRI. 2012. TRI. [En linea] [Consultado en 01/02/2010]. Acceso en: http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=12435.

Vergara Y Velasco, F.J. 1901. Nueva Geografía de Colombia. Imprenta den Vapor. Bogotá. pp 1008-LXXIV-46.

Recibido: 15/04/2012
Aceptado: 15/09/2013

Anexo 1. Estatigrafia de las formaciones cuaternarias.



Continuación Anexo 1. Estatigrafía entre 0.00 - 3.50 cms de profundidad de los drenajes retrabajados de la terraza de Leticia. Secuencia de San Antonio, localizada sobre la terraza de Leticia. Qda. Beatriz km 15.5 vía a Tarapacá.

0.00 – 7.00 cms. Ausencia de testigo.

7.0 – 9.0 cms. Arcilla muy orgánica, con presencia de un 25% de raíces (Ø de las raíces de 0.2 a 1 mm.) color de la capa 5YR3/3 (café oscuro rojizo), presencia de granos de cuarzo fracción arena media fina, granos angulares, en una proporción inferior al 2 mm. Hay presencia de macrorestos de tallos y fragmentos de hojas de dimensiones entre 0.5 – 1 cm. A los 8 cm. Hay una ligera variación de tonalidad a color 10YR2/2 (Café muy oscuro), presencia de macrorestos en una proporción del 70 % y un 30 % de material arcilloso orgánico (dentro de los macrorestos hay hojas perfectamente bien definidas (dimensiones de 1x2 cm.), pequeños fragmentos de tallo (dimensiones de 2x0.5 cm.). raíces desde 0.1 a 1.2 mm , la distribución de raíces es de 15% esta disminuye con respecto al nivel superior.

9.0 – 13.0 cms. Arcilla con muy ligera fracción limosa, color 10YR2/2 (café muy oscuro), porcentaje de raíces 10%, presencia de hojas inferior al 5% (dimensión de las hojas 5x7 mm.), raíces (dimensión 0.2x3 mm.), presencia de raíces myy finas en todo el nivel, presencia de macrorestos de 0.6x1 cm. (se reconoce madera en una proporción inferior al 10%). A los 10 cm. La proporción de raíces oscila entre 10-15%, presencia de macrorestos (hojas inferior al 5 %), las dimensiones de las raíces oscila entre 0.1 a 1 mm.), A los 11 cm. Ligero cambio de tono de la capa a color 5YR3/2 (café muy rojizo), Arcilla con fracción limosa muy baja, porcentaje de raíces 15%, proporción de macrorestos representado por hojas 5-8%, dimensión de raíces 0.1 a 2 mm.

13.0 – 14.0 cms. Arcilla limosa, color 10YR2/2 (café muy oscuro), la proporción de raíces es del 10%, los macrorestos están representados por hojas en una proporción inferior al 5 % (hojas de dimensiones 1x0.8 cm. Y raíces de dimensión de 0.1 a 3 mm.)

14.0 – 16.0 cms. Arcilla (fracción limosa muy baja), color 10YR2/2 (café muy oscuro), porcentaje de raíces entre 10-15%, presencia de macrorestos, hojas en una proporción inferior al 5% y madera inferior al 5%, (hojas con dimensiones entre 0.5 x 1 cm, dimensiones de las raíces hasta de 2 cm de largo con Ø de 0,5 cm.). A los 15 cm. El porcentaje de raíces es de 10%, y de hojas 5% (dimensiones de las raíces (0.1 a 1 mm.) presencia de fragmentos de rizóforo (?) de 1 x 1 cm.

16.0 – 17.0 cms. Arcilla, color 5YR3/2 (café oscuro rojizo), presencia de macrorestos, presencia de madera 8 a 10 % de 1 a 4 mm de largo y 0.8 cm de ancho, porcentaje de raíces 5-10% con Ø de 0.1 a 0.3 mm, presencia de hojas en una proporción inferior al 1% con dimensiones de 0.2x0.5 mm.

17.0 – 18.0 cms. Arcilla con ligera fracción limosa, color 5YR3/2 (café oscuro rojizo), presencia de raíces en una proporción inferior al 10%, ausencia de hojas, presencia de macrorestos de madera en una proporción del 10%, (dimensión de 1 x 0.5 cm.), presencia de rizóforo (?).

18.0 – 19.5 cms. Turba (fracción arcillosa que llega a un 20%, con una ligera fracción de limo grueso que llega a valores inferiores al 5%). Color 5YR3/2 (café oscuro rojizo), Proporción de raíces del 30%, presencia de hojas entre 5-10%, tamaño de raíces 0.1 a 0.7 mm), tamaño de hojas entre 0.5 y 1 cm. La materia orgánica es más acicular, este nivel marca un cambio estratigráfico que abarca hasta el nivel de 19.5 cm. Contacto de carácter irregular.

19.5 -20.0 cms. Arcilla limosa color 10YR6/2 (gris ligeramente pardo), presencia de lentes de turba de hasta 5 mm. en una proporción inferior al 10%. Zona de contacto en plano irregular con la turba, con el material fino de fondo lacustre, presencia de macrorestos, hojas en una proporción del 40% (tamaño de 4x7 mm.)

20.0 – 22.0 cms. Arcilla limo arenosa, color 10YR5/2 (gris pardo), porcentaje de arenas y limos inferior al 10%, la arena es cuarzosa, angulosa, traslucida, hay presencia de macrorestos, en un 15%, presencia de raíces en una proporción del 4% (dimensión raíces de 0.2x4 cm de largo por Ø de 1mm.). A 21 cms. Hay presencia de raíces inferior al 5%, pero hay una disminución bastante considerable de los lentes de materia orgánica de tamaño de 0.1 x 0.1 mm. en proporciones inferiores al 5%, los lentes se hallan alargados paralelamente a planos incipientes de laminación paralela pero solo reconocible hacia la base de la capa, presencia de macrorestos de raíces y hojas en una proporción inferior al 5%. Hay hacia la base e la capa presencia de carbón en una proporción inferior al 5 % de tamaño de 1x1 mm.

22.0 – 27.0 cms. Arcilla limosa, color 10YR5/3 (café), presenta estos niveles una muy ligera fracción arenosa muy fina inferior al 1 %). Esta fracción arenosa es cuarzosa y mal seleccionada. Presencia de carbón de 0.5 mm. de forma acicular. Presencia de macrorestos, raíces en una proporción inferior al 5%, presencia de patinas de hierro en una proporción inferior al 1 %, color de las patinas 5YR6/4 (café ligeramente rojizo), color de la materia orgánica 10YR4/3 (café oscuro), dimensiones de la hoja 0.2x 0.5 mm. Hacia 23 cm. las raíces presenta una proporción de 10%, el carbón en una proporción inferior al 0.5%, con dimensiones de 1x1 mm. la proporción de patinas de hierro son del 5 %. Al nivel de24 cm el porcentaje de raíces disminuye a valores inferiores del 10%, hay presencia de hojas entre 8-10 %, y los porcentajes patinas de oxidación de hierro se hallan inferiores al 10%.

Hacia los 25 cm. Hay una variación de croma, color de la capa 10YR6/2 (gris ligeramente pardo), presencia de macrorestos del 5%, presencia de tallos y túbulos de 0.5 x 2 mm. los tallo y demás elementos de materia orgánica se hallan inclinados entre 15^0 y 20^0, las raíces presentan tamaños de 1 cm. de largo por 1 mm de ancho, color de la materia orgánica es 10YR4/3 3 (café oscuro), hay presencia de carbón en una proporción inferior al 5%, macrorestos con presencia de tallos de madera de dimensiones de 5mmx1.4 cm. A la profundidad de 26 cm. Se observa una proporción de raíces entre 5-7 %, hay presencia de macrorestos en una proporción del 10%, sigue la presencia de materia orgánica entre tallos y materia orgánica con carácter de inclinación entre 5^0 -15^0 algunos tallos se hallan perpendiculares al alargamiento del núcleo, la presencia de óxidos de hierro es inferior al 1 %, las dimensiones de Ø de la raíces es de o.1 a 1 mm. Presencia de hojas de hasta 2 cm de largo.

27.0 – 28.0 cms. Arcilla limosa (fracción limosa muy importante, alrededor de 10%), presencia de macrorestos del 5%, porcentaje de raíces del 2 %, presencia de tallos y hojas alrededor de 3%, hay una ligera laminación paralela importante hacia el nivel de 28 cm. Así mismo hay un ligero incremento en la fracción a niveles del 20%. Ausencia de oxidación y patinas de hierro.

28.0 – 30.0 cms. Limo arcillo arenoso, color 10YR 5/3 (café). La fracción arenosa es cuarzosa muy fina, l fracción arcillosa se halla alrededor del 30% y la arena del 5%, la arena está mal seleccionada, angulosa, traslucida, presencia de una laminación paralela incipiente. Presencia de macrorestos inferior a los 5% representados por tallos y hojas, el porcentaje de carbón es inferior al 2 %. Hacia los 29 cm. Hay moteo de color 2.5YR5/2 (rojo claro) en una proporción inferior al 5% resultado de oxidación de hierro, presencia de tallos y restos orgánicos en una proporción inferior al 5%. Hay presencia de raíces que cortan diversas capas, raíces de 7 cm de largo por 0.3 cm de diámetro.

30.0 – 31.0 cms. Arcilla limo arenosa, color 10YR5/2 (café grisáceo), laminación paralela incipiente, porcentaje de arcillas 70%, la presencia de arenas es inferior al 5%, estas son cuarzosas, angulares, mal seleccionadas, presencia de carbón inferior al 2 %, óxidos de hierro inferior al 5%, presencia de lentes muy pequeños con arena cuarzosas muy fina de 1 mm de diámetro. Hay macrorestos que se disponen paralelo a la estratificación.

31.0 – 36.0 cms. Limo arcillo arenoso (fracción arenosa fina a muy fina), porcentaje de arena de 15-20%, fracción arenosa cuarzosa, angulosa, mal seleccionada. Color de la capa 10YR6/3 (café pálido), capa con moteo de 10YR5/4 (café amarilloso), presencia de laminación paralela incipiente, presencia de macrorestos inferior del 5%. A la profundidad de 32 cm. Hay un ligero cambio de tonalidad a color 10YR3/2 (café muy oscuro grisáceo) con moteo de 10YR5/4 (Café amarilloso), hay presencia de macrorestos del 10%, con presencia de hojas de dimensiones entre 0.7 y 1 mm. Hacia los 33 cm. Los macrorestos oscilan entre 5-10%, los macrorestos se hallan paralelos a los planos de laminación paralela incipiente, hay presencia de nódulos de arena en una proporción inferior al 2 %, de dimensiones de de 2x3 mm. de arenas finas a muy finas, presencia de carbón inferior al 2%. A los 34 cm. El porcentaje de macrorestos se hallan entre 5 – 10 %, representado en hojas y tallos, estos siguen dispuestos de manera paralela a los planos de laminación paralela incipiente que se vienen registrando en toda la capa. La presencia de carbón es inferior al 5%. A los 35 cm. Los macrorestos se incrementan a 20-25%, presencia de raíces, tallos y hojas, (raíces de 2cm x 2 mm de Ø), la fracción arenosa es similar a la de la capa inmediatamente superior, pero sin presencia de nódulos de arena, la presencia de óxidos de hierro es inferior al 5%.

36.0 – 38.0 cms. Limo areno arcilloso, color 10YR5/2 (café grisáceo), presenta este horizonte laminación paralela incipiente, con ligera inclinación de la laminación entre 2^0 -5^0, porcentaje de macrorestos inferior al 5% (raíces y hojas), dimensiones hojas 2x3 mm. dimensiones raíces 3x4mm de largo, la fracción arenosa sigue siendo fina, cuarzosa, mal seleccionada, angulosa, el porcentaje de carbón es inferior al 5%. Hacia la profundidad de 37 cm. Hay presencia de materia orgánica paralela a la estratificación y hay presencia de carbón en una proporción inferior al 1%.

38.0 – 40.0 cms. Arena muy fina limosa, color 10YR6/3 (café pálido), moteo de color 10YR7/2 (gris claro), presencia de macrorestos 5-10%, presencia de laminación paralela incipiente, laminacio0n con inclinación de 5^0 a 8^0, la fracción arenosa es dominada por cuarzo, bien seleccionado, anguloso, hay presencia de macrorestos que se disponen de manera paralela a la laminación. A la profundidad de 39 cm. Hay presencia de carbón y macrorestos, estos últimos representados por fragmentos de hojas de 1x3mm. presencia de raíces de 2x0.05 cm. Hay aun presencia de rizóforo (?),

40.0 – 41.0 cms. Limo arcilloso, color 10YR5/2 (café grisáceo), presencia de macrorestos en una proporción del 5 %, laminación paralela incipiente, presencia de un 2% de hojas que se disponen paralelas a la laminación, hay presencia de patinas de hierro por oxidación en una proporción inferior al 2%, presencia de carbón inferior al 1 %,

41.0 -42.0 cms. Arcilla limosa, color 10YR5/2 (café grisáceo), presencia de macrorestos en una proporción del 5-10%, presencia de carbón entre 3-5%, laminación paralela incipiente, presencia de oxidación de hierro entre 2-3 %, presencia de rizóforo (?).

42.0 – 45.0 cms. Limo arcilloso, color 10YR5/2 (café grisáceo), presencia de macrorestos del 10%, mucha presencia de rizóforo (?), hasta un 3%, (longitud de 0.5x2 cm.), laminación paralela incipiente, presencia de materia orgánica paralela a los planos de laminación, porcentaje de óxidos de hierro de 3-5%, porcentaje de raíces 3%, carbón acicular en una proporción del 1 %, Hacia los 42 cms. La proporción de macrorestos es igual, pero la laminación paralela está ausente a este nivel. A los 44.0 cms. Nuevamente aparece la laminación paralela, pero con una ligera inclinación entre 5^0 a 10^0, la proporción de macrorestos disminuye a un 5%, los óxidos de hierro se hallan en un 2%, sigue la presencia de materia orgánica en pequeños lentes en los planos de la laminación.

45.0 – 47.0 cms. Arena muy fina limosa, laminación paralela incipiente, color 10YR6/2 (gris ligeramente pardo), la proporción de macrorestos es inferior al 10%, la proporción de óxidos de hierro es del 2 al 4 %, la presencia de carbón es inferior al 1%, hay más presencia de rizóforo (?). Hacia el nivel de 46.0 cm. Los macrorestos disminuyen a un 5%, hay presencia de raíces de 1 a 3 %, presencia de rizóforo (?) en una proporción del 2%, presencia de carbón en una proporción inferior al 1%.

47.0 – 48.0 cms. Arcilla limo arenosa, color 10YR6/3 (café pálido), porcentaje de macrorestos del 5%. Laminación paralela incipiente con ligera inclinación de 5^0, presencia de rizóforo (?), presencia de macrorestos en una proporción del 5%, presencia de raíces inferior al 5%.

48.0 – 49.0 cms. Arena fina limo arcillosa, color 10YR6/2 (gris ligeramente pardo), presencia de macrorestos de un 5-10%, presencia de rizófora (?), presencia de laminación paralela incipiente, presencia de óxidos de hierro en una proporción del 3%, las arenas son cuarzosas finas a muy finas, traslucidas, mal seleccionadas, angulosas.

49.0 – 51.0 cms. Arena fina limosas, color 10YR6/2 (gris ligeramente pardo), la arena es cuarzosa, presenta laminación paralela incipiente, la arena está mal seleccionada, angulosa, presenta un 5% de rizóforo (?). Hacia los 50 cm los macrorestos se hallan en proporciones inferiores a 5%, carbón inferior a 1 %, rizóforo inferior a 5%. Presencia de lentes de arcilla de 1x0,2 cm de dimensión, paralelos a los planos de laminación incipientes presente en la muestra.

51.0 – 52.0 cms. Arcilla limo Arenosa, Color 2.5Y6/2 (Gris ligeramente Café), porcentaje de macrorestos 5-10%, rizóforo 5%, fragmentos de madera 2-3 %, presencia de carbón 2%, moteo de color 10YR7/6 (amarillo), los macrorestos observados se disponen paralelo a la estratificación, laminación paralela incipiente.

52.0 – 56.0 cms. Limo arcillo arenoso, color 2.5Y6/2 (Gris ligeramente café), proporción de macrorestos del 5-10%, rizóforo 5%, fragmentos de madera 2-3 %, moteo de lentes de arcilla de color 10YR4/2 (Café grisáceo oscuro), inclinación de macrorestos 15º, hay ausencia de laminación. En el nivel de 53 cm los macrorestos disminuyen a proporciones inferiores a 5%, rizóforo a proporciones inferiores al 5%, hay laminación paralela bien definida, hay inclinación de tallos alrededor de 5-10º, la dimensión de los rizóforo es de hasta 4x0,5 cm, también dispuesto en planos inclinados, hay presencia de oxidación de hierro en una proporción del 2%. En el nivel de 54 cm. Los lentes de arcillas aparecen con dimensiones de 0.5x0.7cm de longitud de forma elíptica y paralela a la laminación. Hacia los 55 cms. Los porcentajes de macrorestos de 5-10%, rizóforo 5%, sigues indicios de laminación paralela incipiente ligeramente inclinada, rizóforo de de 0,5 cms de diámetro en corte transversal, presencia de macrorestos de dimensiones entre 1 a 4 mm de largo, dispuestos paralelos a la laminación.

56.0 – 57.0 cms. Arcilla limo arenosa, color 10YR5/3 (café), moteado de 10YR5/2 (Café grisáceo), laminación paralela ligeramente inclinada 5-10º, granos de cuarzo de 0,5 mm con ligera imbricación de los granos y con eje mayor de elongación paralelo a la laminación, los granos son angulosos, porcentaje de macrorestos inferior al 5 %, presencia de rizóforo con inclinación entre 5-10º.

57.0 – 60.0 cms. Arena muy fina limosa, color 10YR6/3 (Café pálido), con laminación paralela ligeramente inclinada entre 5-10º, moteada de 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo). Porcentaje de macrorestos 5-10%, rizóforo 7%, fragmentos de madera inferior al 1%, la materia orgánica se dispone paralelo a los planos de laminación, con dimensiones de 5x0,5 mm. A la profundidad de 58 cm hay laminación paralela pero no hay inclinación de ella, hay inclinación de los tallos de rizófora entre 2-3º, presencia de macrorestos 5-8%, presencia de carbón en proporciones inferiores al 3%, a 59 cms. de profundidad el nivel estratigráfico presenta una ligera fracción arcillosas, la proporción de macrorestos es del 5-10%, rizóforo 8%, la materia orgánica se halla dispuesta perpendicular a la laminación, la laminación paralela se torna incipiente, las dimensiones de las rizóforas es de hasta 1 cm de ancho, hay presencia de oxidación de hierro en proporciones inferiores al 5%.

60.0 – 62.0 cms. Arena muy fina limosa, presencia de macrorestos en una proporción del 5-10%, rizóforo del 7% estos e presentan con dimensiones de 3 a 4 cm de largo y 5-7mm de ancho, ligera inclinación de la materia orgánica entre 2-5º, laminación paralela con ligera inclinación, ligero moteo de color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo). En el nivel de 61 cms. Se presenta una laminación paralela incipiente, ligeramente inclinada 2-3º, el material es excesivamente friable, esta arena está constituida por granos de cuarzo angulosos, mal seleccionados, presencia de macrorestos 5-10%, rizóforo 7%, las dimensiones de los fragmentos de rizóforo es de 2 a 3 cm de largo por 0,5 a 0,7 cm de diámetro.

62.0 – 63.0 cms. Limo areno arcilloso, color 10YR6/2, (Gris ligeramente pardo), no hay presencia de rasgos estructurales, Presencia de macrorestos inferior al 5%, rizóforo entre 2-3%, hay moteo por oxidación de óxidos de hierro color 10YR6/6 (Amarillo pardo).

63.0 – 64.0 cms. Limo arcillo arenoso color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo), moteado de 10YR7/1 (Gris Claro), presencia de macrorestos 5%, rizóforo 3%, presencia de lentes de arena cuarzosa de dimensiones entre 4 y 5 mm de diámetro y alargados, se hallan en una proporción del 10 al 15 % del volumen total de horizonte. No hay estructuras sedimentarias reconocibles.

64.0 – 71.0 cms. Arena muy fina limo arcillosa, laminación paralela incipiente, color 5Y6/3 (Oliva pálido), macrorestos 5-7%, rizóforo alrededor del 5%, los macrorestos se hallan con inclinación media de 5º-10º. A la profundidad de 65 cm macrorestos inferior al 5%, rizóforo 2%, dimensiones del rizóforo 2x0.5 cm. Ya a 66 cms. Presencia de rizóforo 5%, presencia de lentes de arcilla de dimensiones de 3x1 mm paralelos a los planos de laminación incipiente. Ya en el nivel de 77cm los porcentajes de rizóforo son del 5%, sin ninguna variación fuerte en el nivel estratigráfico. A la profundidad de 68 cms. La proporción de rizóforo disminuye a valores inferiores de 5%, la laminación paralela se halla muy bien definida, los restos de rizóforo se hallan inclinados alrededor de 5º, la proporción de macrorestos está entre 5-7%. A la profundidad de 69 cms. Un hecho muy marcado es el ángulo de inclinación de los rizóforo entre 20 y 30º sin variar su proporción. Así mismo la laminación se halla con ligera inclinación de los planos entre 10 y 15º.

71.0 – 75.0 cms. Arena limosas, color 10YR7/4 (café muy pálido), moteada por oxidación de hierro con tonalidades 10YR7/6 (Amarillo), capa laminada paralelamente, con inclinación de la laminación entre 5-10º, presencia de macrorestos en una proporción inferior al 3%. Al nivel de 72 cm la presencia de macrorestos se reduce a valores inferiores al 3% y la laminación paralela se hace mucho más evidente.

En el nivel de 74 cms. La laminación paralela se vuelve nuevamente incipiente, no hay inclinación en la laminación, la proporción de macrorestos es inferior al 5% y los rizóforo están alrededor del 3%.

75.0 – 77.0 cms. Arena media fina limosa, color 10YR7/2 (gris claro), arenas mal seleccionadas, angulosas, cuarzosas, moteado en una proporción inferior al 5% de 10YR7/4 (café muy pálido), proporción de macrorestos inferior al 2%, rizóforo inferior al 2%, hay inclinación de los tallos de rizóforo entre 3-5º, ausencia absoluta de laminación. En el nivel de 76 cms. La proporción de macrorestos disminuye a valores inferiores del 3%.

77.0 – 78.0 cms. Arena limo arcillosa, fracción arena media finas, laminación paralela incipiente, color 10YR7/2 (Gris claro), proporción de macrorestos inferior al 7%, proporción de rizóforo inferior al 5%, los restos de macrorestos presentan inclinación entre 2-3º, hay moteado de óxidos de hierro por toda la capa.

78.0 – 80.0 cms. Arena media fina limosa, color 10YR7/2 (gris claro), arenas mal seleccionadas, angulosas, cuarzosas, moteado en una proporción inferior al 5% de 10YR7/4 (café muy pálido, con laminación paralela incipiente, proporción de macrorestos inferior al 3%, los restos de materia orgánica de forma alargada se hallan inclinados entre 2 a 3º, las dimensiones de la materia orgánica es de 2 cm de largo por 1 mm de diámetro promedio, la dimensiones de los rizóforo es de 1 x 0,5 cm. A la profundidad de 79 cm se presenta una ligera elongación del eje de granos de cuarzo grande paralelo a los planos de laminación, proporción de macrorestos entre 3-5% y de rizóforo inferior al 3%.

80.0 – 83.0 cms. Arenas limo arcillosa fracción arena media finas, sin estructuras internas, color 10YR7/2 (Gris claro), proporción de macrorestos entre 3-5%, proporción de rizóforo inferior al 3%, los restos de macrorestos presentan inclinación entre 5-15º, hay moteado de óxidos de hierro por toda la capa. A 81 cms. La fracción arenosa se torna media fina la proporción de macrorestos se halla entre 3-5%, rizóforo 3%, la materia orgánica se halla con ejes inclinados entre 5-10º, a este nivel se presenta laminación paralela incipiente, los fragmentos de rizóforo son de 2 cms. de largo por 2 a 3 mm de diámetro. A 82 cms. Se presenta laminación incipiente, con presencia de macrorestos disminuye a valores inferiores del 5%, las dimensiones son de 2 cm de largo por o,5 cm de ancho, no hay inclinación de la materia orgánica.

83.0 – 86.0 cms. Arena limosa, laminación paralela bien definida, color 2.5Y7/4 (Amarillo pálido), moteado de 2.5Y7/6 (Amarillo), proporción de macrorestos inferior al 3%, macrorestos de dimensiones de 3 cm de largo por 0,4 a 0,5 cm de grosor. Al nivel de 84 cm. La proporción de macrorestos es del 5%, rizóforo 3-4%, la laminación paralela es incipiente, para el nivel de 85 cm. Desaparece la laminación, y la proporción de macrorestos reduce a valores inferiores del 2%, y la presencia de rizóforo a proporciones inferiores al 1%.

87.0 – 94.0 cms. Arena media fina limo arcillosa, color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo), moteado de óxidos de hierro color 10YR7/8 (Amarillo), laminación paralela muy bien definida, proporción de macrorestos 5-10%, proporción de rizóforo 5%, la disposición de rizóforo son perpendiculares a la laminación, los tamaños de los rizóforo son de 4 cm de largo por 0,5-0,2 cm de ancho. A 88 cms. La proporción de macrorestos es inferior al 5% y de rizóforo inferior al 2%. Al nivel de 89 cms. La proporción de macrorestos es inferior al 2%, rizóforo inferior al 1%, la dimensión de estos es de 2.5 cm de largo por 0,3 cm. A los 90 cms. la proporción de macrorestos es inferior al 3%, rizóforo inferior al 2%, ya para los 91 cms. La distribución no cambia, pero las dimensiones de los fragmentos de macrorestos es de 1 a 4 cms. de largo por 1-0,3 cms. de ancho, abarcando inclusive los niveles inferiores. En el nivel de 93 cms. La proporción de macrorestos es inferior al 1%, hay presencia de materia orgánica acicular, con diámetro de 7x1 mm.

94.0 -95.0 cms. Limo areno arcilloso, color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo), moteado de óxidos de hierro color 10YR7/8 (Amarillo), laminación paralela muy bien definida, proporción de macrorestos inferior al 3%, y de rizóforo inferior al 2 %.

95.0 – 96.0 cms. Arena limo arcillosa, color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo), moteado de óxidos de hierro color 10YR7/8 (Amarillo), laminación paralela, proporción de rizóforo 4%, macrorestos inferior al 5%, dimensiones de la materia orgánica 3 a 4 cm de largo por 5 a 6 m de ancho.

96.0 – 99 cms. Arena media limosa, color 10YR6/2 (Gris ligeramente pardo), moteado de óxidos de hierro color 10YR7/8 (Amarillo), laminación paralela muy bien definida, proporción de rizóforo inferior al 2%, macrorestos inferior al 3%. Al nivel de 97 cms. Los macrorestos se hallan en proporciones inferiores al 5% y de rizóforo inferior al 3%. Las dimensiones de los macrorestos son de 3cm de largo por 0,5 cm de ancho,

99.0 – 100.0 cms. Ausencia de material por perdida de sedimentos (hiato por muestreo de la sonda en campo)

100.0 – 106.0 cms. Arenas media limosas, color 10YR7/2 (gris claro), presencia de macrorestos inferior al 5%, rizóforo inferior al 3%, dimensiones del rizóforo de 4x0,3 cm. Laminación paralela, hay presencia de ligera imbricación de granos de cuarzo, la fracción arenosa es mal seleccionada, angulosa. Hacia 101 cms. La proporción de macrorestos disminuye al 3%, la presencia de rizóforo es inferior al 2%. Hacia 102 cms. de profundidad se presenta una ligera inclinación de 5º de la materia orgánica. En el nivel de 103 cms. los macrorestos se presentan en proporciones inferiores al 5% y con rizóforo inferior al 3%. En el nivel de 104 cm. La macrorestos están en una proporción inferior al 2%, hay oxidación por hierro que se dispone en planos paralelos a la laminación, color 10YR8/8 (Amarillo). Hacia 105 cms. los macrorestos están en proporción inferior al 3%, rizóforo inferior al 2%, aparece un bandeo incipiente de capas color 10YR8/4 (café muy pálido) mientras la oxidación hierro se presenta con color 10YR8/8 (amarillo).

106.0 – 108.0 cms. Arenas media gruesas, color 10YR6/2 (Gris ligeramente café), laminación paralela, proporción de macrorestos inferior al 2%, capa con laminación paralela bien definida, presenta un moteo de bandas de óxidos de hierro de color 10YR7/6 (amarillo), la fracción arenosa está dominada por cuarzo. En el nivel de 107 cms. los macrorestos disminuyen a proporciones del 2%.

108.0 – 109.0 cms. Arena limosa, color 10YR6/3(café pálido), moteado de 2.5Y6/2(café ligeramente amarilloso), laminación paralela, bandeo por oxidación de hierro, la fracción arenosa es media gruesa, este intervalo es transición a horizonte mucho mas orgánicos que se presentan en niveles inferiores, macrorestos en proporción inferior a 3%, rizóforo inferior a 2%, la fracción arenosa está dominada por cuarzo, anguloso, transparente, no redondeado.

109.0 – 110.0 cms. Arenas medias finas limo arcillosa, color 10YR5/3 (café), moteado de 10YR6/3 (café pálido), laminación paralela incipiente, presencia de macrorestos inferior al 2%, presencia de carbón aproximadamente 2%, hay bandeo de las capas, la fracción arenosa es cuarzosa, angulosa, granos no redondeados.

110.0 – 113.0 cms. Limo areno arcilloso, color 10YR5/3 (café), laminación paralela, laminación ligeramente inclinada 2 a 5º, ausencia de macrorestos, presencia de carbón en una proporción del 4%. A 111 cms. de profundidad la capa se vuelve muy orgánica, con una proporción de carbón del 4% y ausencia de macrorestos. En el nivel de 112 cms. la presencia de carbón se incremente a 5% (el carbón son restos de rizóforo), la fracción arenosa es cuarzosa, mal seleccionada y subangulosa.

113.0 – 114.0 cms. Arena limo arcillosa orgánica, color 10YR5/4 (café amarilloso), presencia de carbón en un 5%, (rizóforo carbonizados), laminación paralela bien definida, arenas cuarzosas mal seleccionadas, angulosas.

114.0 – 115.0 cms. Arenas medias ligeramente limosas, cambio estratigráfico muy marcado, color 10YR6/2 (café pálido), moteado de 10YR5/4 (café amarillo) presencia de arenas gruesas, mal seleccionadas angulosas, no se reconocen estructuras. El material es muy friable, casi ausencia total de matriz, es evidente un cambio en el ambiente de depositación.

115.0 – 118.0 cms. Arenas media gruesas son ausencia de matriz, muy friable, ausencia de laminación, arenas lavadas, presencia de carbón en una proporción del 5-10%, rizóforo alrededor del 3%, la dimensiones de los rizóforo reconocidos es de 3x0.5 cms. Hacia el nivel 117 cms. el sedimento se torna muy orgánico, con presencia de macrorestos alrededor del 10%, porcentaje de carbón alrededor del 15% (rizóforo carbonizado), se hallan lentes de arenas finas limo arcillosas de dimensiones 1x0,5 cm. Los lentes son muy orgánicos.

118.0 – 121.0 cms. Arenas limo arcillosas orgánicas, color 10YR2/1 (negro), moteado de 10YR6/4 (café ligeramente grisáceo), laminación paralela incipiente, arenas media finas, presencia de materia orgánica en una proporción del 20%, presencia de macrorestos en una proporción del 3%, presencia de carbón en un 15%, ausencia de estructuras internas. La materia orgánica se dispone en algunos niveles paralela a la estratificación. Hacia el nivel 119 la proporción de carbón esta alrededor del 10%, fragmentos de macrorestos alrededor del 5%, madera presente en lente de turba con dimensiones de 2x4 mm. Hacia los 120 cms. la proporción de carbón esta alrededor de 10% y la de macrorestos disminuye a proporciones de alrededor del 5%, no hay estructuras en estos niveles de la capa. Este nivel presenta madera entre 119.5 y 121.5 cms. con dimensiones de 2x1.5 cms. perfectamente preservada.

121.0 – 123.0 cms. Arena limosa orgánicas (fracción arena media fina) color 10YR6/3 (café pálido) moteado de 10YR2/1 (negro), presencia de lentes de turba e 0.5x1cm^3 en una proporción del 40%. Hacia los 122 cms. la proporción de carbón se hallan entre 10-15% (rizóforo carbonizados), hay presencia de lentes de arcillas orgánicas sin variabilidad en el color con volumen de hasta 1 cm^3.

123.0 – 127.0 cms. arenas limo arcillosa color 10YR6/2 (gris ligeramente café) con lentes de arcilla limosa orgánica de color 10YR2/1 (negro), con lentes de turba con dimensiones de 1 a 0.5 mm y lentes de arcilla de 2 a 4 mm de diámetro, presenta carbón en una proporción del 10%. Hacia el nivel 124 la proporción de carbón esta alrededor del 15%, este presenta restos carbonizados de rizóforo del 2%. En el nivel 125 la proporción de carbón disminuye a proporciones del 10% y hay una reducción de la cantidad de los lentes de turba y de arcilla a un 15% en volumen, las arenas presentan buena selección. Ya hacia 126 cms. el carbón disminuye a valores del 5%, los lentes de arcilla y turba a un 10%, presencia de huellas de rizóforo carbonizados en un 2%.

127.0 – 130.5 (131.0) cms. Arena limo arcillosa (fracción arena muy fina a fina) color 5Y7/3 (amarillo pálido), moteado de 5Y4/2 (gris oliva), reducción marcada de lentes de arcilla y lentes de turba que a este nivel están ausentes, proporción del carbón 5%, presencia de rizóforo carbonizado 2%. En el nivel de 128 cms. la proporción de carbón obserrvada es de 10-15%, presencia de lentes de arcilla en una proporción de 10% y de dimensiones 0,5 cm de diámetro. Ya para hacia la profundidad de 129 cms. aparecen nuevamente los lentes de arcilla en una proporción del 30%. Hacia el nivel de 130 cms. presencia de carbón de dimensiones de 2x3 cms. se evidencia otro nivel de ruptura estratigráfica en el sistema. El límite con la capa inferior es en planos irregulares. Hacia la base de la capa hay un cambio estratigráfico tajante entre la zona de arenas (superior) y la zona de limos arcillosos muy finos.

130.5 (131.0) – 135.0 cms. Arcillo limoso color 10YR7/2 (gris claro) con moteo de óxidos de hierro color 5YR5/8 (rojo amarilloso), presencia de macrorestos en un a proporción del 8%, rizóforo del 5% y carbón en un 7%.Hacia el nivel 132 cms. hay presencia de laminación paralela, presencia de macrorestos llega a un 13%, los rizóforo llegan a un 7%, se evidencia lentes de arena de hasta 4 mm de diámetro. En el nivel de 133 cms. la proporción de macrorestos es del 5%, presenta rizóforo, no hay estructura interna definida en esta zona de la capa. Hacia el nivel de 134 cms. los macrorestos llegan a presentarse entre 8-10% y de rizóforo a 3%, no presenta estructura. Hay un fragmento de carbón de dimensiones de 3.5 cms. de longitud por 0,6 cm de ancho, este se dispone entre 133.5 y 137 cms. de profundidad de la secuencia.

135.0 -136.0 cms. Arcillo limo arenosa (fracción arenosa fina), color 10YR7/2 (gris claro), moteado por óxidos de hierro de color 2.5Y7/8 (amarillo) proporción de macrorestos 5%, dominado por rizóforo, laminación paralela bien definida, con niveles (capas) de fragmentos de cuarzo bien definidos, estos fragmentos son de arena gruesa, intercaladas sucesivamente con capas de limos arcillosos, la fracción arenosa es angulosa, mal seleccionada.

136.0 – 142.0 cms. Arcilla limosa color 10YR7/2 (gris claro), moteado por óxidos de hierro de color 2.5Y7/8 (amarillo), laminación paralela, proporción de macrorestos 5%. Hacia el nivel 137 cms. la proporción de macrorestos disminuye a valores inferiores del 5%, rizóforo inferior al 2%, los rizóforo se presentan perpendiculares a la laminación a este nivel que se vuelve ligeramente incipiente. Para el nivel 138 la proporción de macrorestos es inferior al 2%. Ya para el nivel 140 los macrorestos llegan a valores mínimos inferiores al 1% y una ausencia absoluta de rizóforo hasta el final de la secuencia.

142.0 – 157.0 cms. Ausencia de material por perdida de sedimentos (hiato por muestreo de la sonda en campo)

157.0 – 163.0 cms. Arena limo arcillosa, fracción arenosa media fina, color 10YR7/2 (Gris Claro), moteado de 10YR6/6 ((amarillo café), proporción de raíces inferior al 1%, la fracción mineral es muy diversa y manifiesta otra proveniencia del material arenoso, la arena está mal seleccionada, dominada por cuarzo y moscovita, hay cantos de cuarzo aleatoriamente entre 1 y 3 mm. laminación paralela inclinada, porcentaje de materia orgánica inferior a 5 %, macrorestos inferior al 1%, ausencia de carbón, la arena en ocasiones friable y suelta. Hacia la profundidad de 158 presencia de rizoforos en proporción de 4%, carbonizados, hay una laminación paralela bien definida y presencia de materia orgánica paralela a la laminación. Ya en 159 cm la proporción de materia orgánica llega al 7% y rizóforos al 5%, presencia de carbón 2 %, con presencia de limos arenosos de dimensiones de 2 a 3 mm. , hay ligera variación a tonalidades 10YR6/4 (Café ligeramente amarilloso), moteado de 10YR5/2 (café grisáceo), Hacia 160 cms. la proporción de materia orgánica asciende a 9%, rizóforo 4 %, macrorestos 3 %, hojas 2%, ya para 161 cms. disminución de la materia orgánica a valores inferiores al 1%. Hacia la profundidad de 162 cm cambio de tonalidad a 10YR7/1 (gris claro), moteado de 10YR5/4 (Café amarilloso), laminación paralela perfectamente definida, porcentaje de materia orgánica 20%, rizóforo 2%, carbón 2%, macrorestos 2%.

163.0 – 167.0 cms. Arena muy fina arcilla limosa, Orgánica, color 10YR6/3 (café pálido), moteada de 10YR3/2 (café grisáceo muy oscuro) y 10YR2/1 (negro), laminación paralela, porcentaje de materia orgánica 30%, macrorestos 15%, carbón 5%, raíces 3%, materia orgánica paralela a la laminación, inclinación de la laminación entre 5 -10º, ocasionalmente hay presencia de lentes de arena gruesa pero en una proporción inferior al 1%.las arnas son cuarzosas, moscoviticas y con presencia de óxidos de hierro. Ya a 164 cm macrorestos 30%, rizóforo 10%, carbón 10%, hay ligero incremento de la fracción arcillosa. A la profundad de 165 cm. La materia orgánica disminuye a 20%, macrorestos 10%, carbón 5%, carbón acicular paralelo a la laminación (rizóforo?).En el nivel de 166 cm la materia orgánica disminuye a 18%, macrorestos 10 %, carbón 5%, rizóforo 3%, fragmentos de madera 2%.

167.0 – 171.0 cms. Arcillas limo arenosa (fracción arenosa media fina),orgánica, porcentaje de materia orgánica 40% macrorestos 20%, rizóforo 10%, carbón 10%, fracción arenosa cuarzosa, color 10YR4/1 (gris oscuro), moteado de 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), laminación paralela bien definida, materia orgánica paralela a la laminación, hacia 168 cm la proporción de materia orgánica se halla alrededor del 30%, macrorestos 15%, carbón 10%, inclinación de macrorestos 5-10º, laminación paralela incipiente, rizóforo 5%. Hacia 167 cm se presenta un bandeo en la laminación, ritmicidad entre banda orgánica y banda cuarzosa. Hacia 170cm la materia orgánica es del 30%, macrorestos 10%, carbón 5%, rizóforo 5%, materia orgánica paralela a la laminación.

171.0 – 173.0 cms. Arcilla limosa color 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), moteado 10YR5/2 (café grisáceo), con moteo de carbón color 10YR2/1 (negro), capa muy orgánica, porcentaje de materia orgánica 35%, macrorestos 5%, laminación paralela, carbón acicular de 0,5 mm, hacia 172 cm el porcentaje de carbón es del 60%, macrorestos 65%, presencia de patinas de hierro. Hay presencia de madera entre el intervalo 172.0 a 174.5 cms. se ha recuperado para datación.

173.0 – 175.0 cms. Limo areno arcilloso, muy orgánico, color 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), moteado 10YR5/2 (café grisáceo), porcentaje de materia orgánica 40-45 %, macrorestos 5%, carbón 35%, rizóforo 2-5 %, materia orgánica en planos paralelos a la laminación. Ritmicidad entre bandas claras y negras.

175.0 – 177.0 cms. Arcillas limosas orgánicas, color 10YR3/2, (café grisáceo muy oscuro), moteado de 10YR 4/4 (café oscuro amarilloso), moteado por óxidos de hierro, materia orgánica 35%, macrorestos 10%, carbón 5%, rizóforo 3% (algunos carbonizados), laminación paralela bien definida, el carbón se presenta paralelo a la laminación, hacia la base de la capa ligero incremento en la fracción arenosa muy fina pero en muy baja proporción, esta fracción es cuarzosa y mal seleccionada.

177.0 – 179.0 Limo arcillo arenoso orgánico, color 10YR3/1 (gris muy oscuro), moteado de 10YR6/1 (gris) y de 10YR2/1 (negro). proporción de materia orgánica 40%, macrorestos 20%, proporción de carbón 15%, rizóforo 15%, laminación paralela, la materia orgánica se dispone paralela a los planos de laminación,

179.0 – 182.0 cms. Arcilla limo arenosa, color 10YR3/1 (gris muy oscuro), moteado de 10YR6/1 (gris)

y de 10YR2/1 (negro).proporción de materia orgánica 30%, macrorestos 8%, carbón 5%, laminación paralela ligeramente inclinada, carbón paralelo a la laminación.

182.0 – 184.0 cms. Limo arcilloso con muy ligera fracción arenosa media cuarzosa. Orgánico, color 10YR7/2 (gris claro), moteado de 10YR5/2 (café grisáceo) y de 10YR8/2 (blanco). Laminación paralela, porcentaje de materia orgánica 30%, porcentaje de carbón 10%, macrorestos 5%,

184.0 – 186.0 cms. Limo areno arcilloso, con fracción arenosa muy fina, color 10YR6/2 (gris ligeramente café), moteado de color 2.5y3/0 (gris muy oscuro) y de 10YR5/2 (café grisáceo), proporción de materia orgánica inferior al 7%, carbón 4%, hacia 185 cm la proporción de materia orgánica es 7%, Carbón 5%.

186.0 – 188.0 cms. Limo arcillo arenoso (fracción arenosa muy fina), color 10YR8/2 (blanco), moteado de 10YR6/1 (gris) y de 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), proporción de materia orgánica 15%, porcentaje de carbón 10%, laminación paralela, rizóforo carbonizados 2%. Hacia 187 cms. la proporción de la materia orgánica disminuye a valores inferiores del 5%, macrorestos 3%, carbón disminuye a 2%.

188.0 – 190.0 cms. Areno limo arcilloso, color 10YR8/2 (blanco), moteado de 10YR6/1 (gris) y de 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), porcentaje de materia orgánica inferior al 5%, rizóforo inferior al 1 %, carbón 3 %, laminación paralela, capas muy friables. En el nivel de 189 proporción de materia orgánica 7% y carbón 4%.

190.0 – 192.0 cms. Arena limosa, color 10YR7/2 (color gris claro), moteado de 10YR6/4 (café amarilloso) la fracción arena es cuarzosa muy lavada, con laminación paralela, ligeramente inclinada, se presenta una ligera imbricación de granos, arena mal seleccionada, cuarzosa, proporción de materia orgánica 8%, proporción de carbón 5%, rizóforo carbonizados 2%. Hacia el nivel de 191.0 cm la proporción de carbón disminuye a 8% (rizóforo carbonizados), y carbón acicular 2%.

192.0 – 201.0 cms. Arena limo arcillosa, color 10YR7/2 (color gris claro), moteado de 10YR6/4 (café amarilloso), proporción de materia orgánica 30%, proporción de carbón 15%, macrorestos 5%, carbón paralelo a los planos de estratificación, hacia 193 cms. la proporción de materia orgánica es del 50%, macrorestos 40%, carbón 30%, madera 10%, laminación paralela, materia orgánica paralela a la laminación, rizóforo 2%, presencia de carbón acicular, ya hacia 194.0 cms. la proporción de materia orgánica es del 25%, macrorestos 15%, carbón 5%, presencia de arena cuarzosa. Hay fragmento de madera entre 192.5 y 194.0 cms. así mismo hay madera conservada entre 195 y 199 cms. En el nivel de 195.o cms. la materia orgánica se presenta con una proporción del 15%, carbón 3%, macrorestos 10% (madera), arena es cuarzosa, fragmento de xilema de palma?. En el nivel de 196 cms. la proporción de materia orgánica es del 25%, macrorestos 20%, 3% de carbón, madera 15%, las arenas son cuarzosas limpias. Ya hacia 197.0 cms., la proporción de materia orgánica es del 15%, macrorestos es del 13%, carbón 2%. En 198.0 cms. la proporción de materia orgánica es del 15%, macrorestos 10%, carbón 2%, (xilema palma?).Para 199.0 mts. La presencia de materia orgánica es del 15%, macrorestos 7%, carbón 3%,

200.0 – 201.0 cms. ausencia de material.

201.0 – 203.0 cms. Arcilla limosa orgánica, color 10YR5/2 (café grisáceo), moteo 10YR5/2 (café grisáceo), moteado de 10YR5/3 ((café), fracción arenosa en una proporción inferior al 1%, altamente cuarzosa, presencia de madera en una proporción del 60%. Se reconoce un tronco de madera que va desde 201 a 250 cms. de profundidad y se asocia a casi todo el volumen de la perforación rescatada.

203.0 – 206.0 cms. Arcilla limo arenosa orgánica, porcentaje de madera 40%. Hacia 205.o cms. la materia orgánica es del 50%, y el carbón 30%. La arena se halla mal seleccionada y cuarzosa.

206.0 – 219.0 cms. Madera. Color amarillo pardo.

219.0 – 220.0 cms. Turba color 10YR5/4 (Café amarilloso), con presencia de arena cuarzosa mal seleccionada, proporción de materia orgánica 95%.

220.0 – 221.0 cms. Arcilla limo arenosa color 10YR5/4(Café amarilloso), materia orgánica 20%.

221.0 – 230.0 cms. Arcilla areno limosa, color 10YR5/4 con fracción arenosa cuarzosa de tamaño medio fino, proporción de materia orgánica inferior al 5%. Hacia 223 cms. laminación paralela incipiente y ligero incremento de la fracción arenosa, la arena sigue presentándose mal seleccionada. Hacia 228 cms. la fracción arenosa es media gruesa y la arena es más limpia, con un porcentaje de materia orgánica del 90%. Desde 229 hasta 240 cms. presencia de tallo de junco? perfectamente preservado.

230.0 – 231.0 cms. Turba con fracción arenosa inferior al 1%, arena gruesa, cuarzosa, color 10YR4/2 (café oscuro grisáceo), presencia de macrorestos de rizóforo.

231.0 – 234.0 cms. Arena arcillosa orgánica, la fracción de arena es cuarzosa gruesa.

234.0 – 237.0 cms. Madera, color amarillo pardo.

237.0 – 238.0 cms. horizonte mezcla de arcillas color 10YR5/1(gris) y arena media fina limpias color 10YR5/2 (café grisáceo), porcentaje de materia orgánica 70%, arenas limpias cuarzosas y lentes de turba en una proporción del 25% en volumen.

238.0 – 239.0 cms. Arena arcillo limoso, color 10YR5/1 (gris), moteado de 10YR4/2 (café oscuro grisáceo) y moteado de 10YR2/1 (negro), presencia de rizóforo 5% y de carbón inferior al 1%.

239.0 – 241.0 cms. Arcilla limosa, color 10YR5/1 (gris), moteado de 10YR5/8 (café amarilloso), porcentaje de materia orgánica 30%, presencia de carbón 10%, hay presencia de lentes de arcilla color 2.5Y3/0 (gris muy oscuro). Hacia 240 cms. incremento de la proporción arenosa de tamaño fina a muy fina, presencia de rizóforo 5%, y de materia orgánica 15%.

241.0 – 245.0 cms. Arena limo arcillosa, color 10YR6/1 (gris), moteado de color 10YR7/4 (café muy pálido), proporción de carbón 8%, la fracción arenosa es cuarzosa, muy lavada. Hacia 242.0 cms. la proporción de carbón es del 15%, rizóforo 4% y de carbón acicular 2%. Ya en 243 cms. la presencia de carbón es del 15%, con laminación paralela incipiente. En 244.0 cms. la proporción de materia orgánica es del 30% representada aun por madera, rizóforo 3%, presencia de carbón 2%, las arenas son lavadas friables, color de la arena 10YR5/1 (gris).

245.0 – 246.0 cms. turba con fracción arenosa color 10YR3/1 (gris muy oscuro) con arenas de color 10YR6/1(gris claro), proporción de materia orgánica 60-70%, proporción de carbón 10%.

246.0 – 247.0 cms. Arena limo arcillosa, color 10YR6/1 (gris), moteado de color 10YR7/4 (café muy pálido), proporción de carbón 8%, la fracción arenosa es cuarzosa, muy lavada. Presencia de lentes de arcilla de hasta 1 cm^3.

247.0 – 254.0 cms. ausencia de material.

254.0 – 267.0 cms. Arena arcilla limosa color 10YR5/2 (café grisáceo), moteado de 10YR6/2 (gris ligeramente café), arena cuarzosa, mal seleccionada, lavada, proporción de macrorestos 35%, proporción de carbón 10%, (tejido de hoja de palma?). Hacia 255 cms. proporción de macrorestos 30%, madera 20%, proporción de carbón 5%. Ya para 256 cms. proporción de macrorestos 15%, madera 10%, carbón 2%, la arena ocasionalmente presenta un color 5Y6/3 (oliva pálido). Hacia 257 cms. la proporción de macrorestos 15%, madera 10% y rizóforo 2%, la proporción de raíces es del 2%. En el nivel de 258 cms. la proporción de macrorestos es del 10%, madera 5%, carbón 4%, rizóforo 2%, a este nivel se presenta laminación paralela incipiente. Hacia el nivel de 259 hay vegetación inclinada entre 5-10º. Ya en el nivel de 260 la proporción de macrorestos es del 8%, la de carbón 2%, madera 5%. Hacia 262 cms. la proporción de macrorestos se eleva a 10%, en 263 cms. a 15. En 264 cms. macrorestos 20%, raíces 3%, y carbón 5%. Ya en la base de la capa la proporción de macrorestos es del 10% y de carbón 2%.

267.0 – 271.0 cms. Arcilla limosa color 10YR6/2 (gris ligeramente pardo) mezclada con arcillas color 10YR5/1 (gris) proporción de macrorestos 20%, carbón 10%, la laminación es incipiente, presencia de lentes de Arena arcillo limosa de color 5Y5/2 gris oliva. Hacia el nivel de 268 la proporción de macrorestos es 10% y de carbón 6% similar comportamiento tienen en toda la capa a excepción de la parte basal donde la proporción de materia orgánica es inferior al 5% y de carbón inferior al 1%, y disminución en la presencia de lentes de arena.

271.0 – 273.0 cms. Arcilla limosa, color 2.5Y6/2 / (gris ligeramente café), proporción de materia orgánica inferior al 3%, macrorestos inferior al 1%, presencia de lentes de arenas de hasta 1 mm de diámetro, presencia de sales en la muestra. Hacia la base se presenta un ligero incremento en la textura del sedimento, se incrementa además la proporción de materia orgánica que se presenta con una proporción del 20% raíces 3%, carbón 10%, madera 10%. Se reconocen en la parte basal moteo de arcilla blanca (feldespática).

273.0 – 283.0 (287) cms. Arcilla (presenta muy ligera fracción limosa), color 2.5Y6/2 / (gris ligeramente café), proporción de materia orgánica 15%, presencia de juncos de ciperácea que se disponen perpendiculares a la estratificación, la muestra presenta laminación paralela, proporción de carbón 5%. Hacia 274 cms. la proporción de materia orgánica es del 35%, carbón 20%, macrorestos 5%, se siguen presentando los juncos a este nivel. Hacia 275 cms. la proporción de macrorestos es del 20%, madera 10%, carbón 6%, fragmentos de tallos de 4 a 5 mm de longitud y 4 mm de diámetro con inclinación de ellos 5º con respecto a la vertical. En 276 cms. presencia de juncos y fragmentos de restos de palma (xilema?). a la profundidad de 277 la proporción de macrorestos es del 10% y carbón 5%. Hacia 278 macrorestos 5% y carbón 2%. Ya en 279 la proporción de macrorestos se eleva a 25%. El carbón a 20% y patinas de hierro en la muestra. Hacia 282cms. la proporción de materia orgánica es del 15%, carbón 8% y la de macrorestos 5%.

283.0 (287) – 299.0 cms. Arenas media fina limosa, con límite superior irregular, color 2.5Y6/4 (café ligeramente amarilloso), moteado de 2.5Y7/2 (gris claro), proporción de materia orgánica 10%, proporción de carbón 4%, macrorestos 5%, presencia de lentes de arcilla color 10YR6/3 (café pálido), hacia 288.0 cms. proporción d materia orgánica 7%, macrorestos 5%, carbón 2%. La fracción arena es litoarenita. Hacia 289 cms. la materia orgánica es del 5%, macrorestos 2%. En 290 cms. la proporción de materia orgánica se incrementa a 10%, macrorestos 8% y carbón 2%. Hacia 291 cms. la materia orgánica presenta un 12%, macrorestos 4%, carbón 4%. Hacia 292 cm. Presencia de macrorestos 10%, presencia de tallos de 2 a 3 mm de diámetro y madera 2%.Hacia 293cms. los macrorestos es del 15%, carbón 7%, presencia de madera y laminación paralela. Hacia 295 cms. la proporción de macrorestos es del 8%, madera 3%. Hacia 296 cms. la materia orgánica disminuye a valores inferiores del 5%, macrorestos 2% y carbón 1%. Ya hacia la parte basal de la capa 298 cm. La materia orgánica se incrementa 15%, macrorestos 5%, carbón 5%, y presencia puntual de lentes de arcilla.

299.0 – 316.0 cms. ausencia del material.

316.0 – 350.0 Arena media fina color 5Y5/2 (gris oliva), litoarenita?, es un horizonte homogéneo, laminación paralela bien definida, presencia de materia orgánica inferior al 2%. Hacia 318 presencia de materia orgánica 16%, proporción de carbón 3%, presencia de lentes de arcilla de 4 mm a 7 mm de diámetro, presencia de restos vegetales perpendiculares a la laminación, proporción de hojas 5%. Hacia 319 cms. proporción de materia orgánica 8%, carbón 2% y macrorestos 6%. Ya en 320 cms. macrorestos 6%, en 321 cms. 2%, en 322 cms. 10%, en 323 cms. 5%, en 329.0 cms. inferior la proporción de macrorestos al 2 %. Ya en 324 cms. la proporción de macrorestos es inferior al 1%. En la profundidad de 326 cms. la proporción de materia orgánica es del 10%, de carbón 4% y de macrorestos 6%. Ya en 327 cms. la presencia de materia orgánica es 15%, de macrorestos 15%. Hacia 328 cms la proporción de materia orgánica es del 10%, macrorestos 10%. Para 329 cms. la proporción de materia orgánica es del 2% y de carbón 1%. En la profundidad de 330 cms. la proporción de materia orgánica es del 5% y de macrorestos 3%. En 331 cm la presencia de materia orgánica es del 5%, de macrorestos 4% y de carbón 1%. Hacia 332 cm. La proporción de materia orgánica es inferior al 3%, macrorestos inferior al 1% y de carbón inferior al 1%. Hacia 333 cms. la proporción de materia orgánica es inferior al 1%. En 334 cm la materia orgánica es inferior al 3% y los macrorestos al 1%. En 335 cms., la proporción de materia orgánica es inferior al 6% y macrorestos del 3%. Hacia 336 cms. y partes basales es inferior al 1%. Ya hacia 339 cms. la proporción de materia orgánica es inferior a 5%, macrorestos inferior al 1% y de raíces del 1%. Entre 340 y 344 la proporción de materia orgánica es del 5% y de macrorestos inferior al 3%. Ya desde 344 hasta 346 cms. se incrementa la materia orgánica a 10% y con una proporción de macrorestos del 7%, Hacia 347 cms. la proporción de materia orgánica es del 15%, macrorestos 10%. En 348 cms. la proporción de materia orgánica es de 18% y de macrorestos 18%. Y ya hacia el nivel de 349 cms. la materia orgánica alcanza los 20%, con una proporción de macrorestos del 20% y una proporción de carbón del 2%.